บทที่ 4

ผลการดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษาในการค้นคว้าอิสระนี้ เป็นการศึกษาเรื่องการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน โดยการทำการศึกษาในแต่ละขั้นตอนก็ได้รับความร่วมมือจากบุคคลากรในโรงงานที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายมาร่วมการดำเนินการศึกษา ประกอบด้วย วิศวกร 3 คน, ช่างเทคนิค 3 คน, หัวหน้างานฝ่ายผลิต 2 คน, หัวหน้าพนักงานในสายผลิต 4 คน, พนักงานฝ่ายผลิต 4 คน และ วิศวกรควบคุมคุณภาพ 1 คน รวมทั้งหมด 17 คน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาต่าง ๆ และผลการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

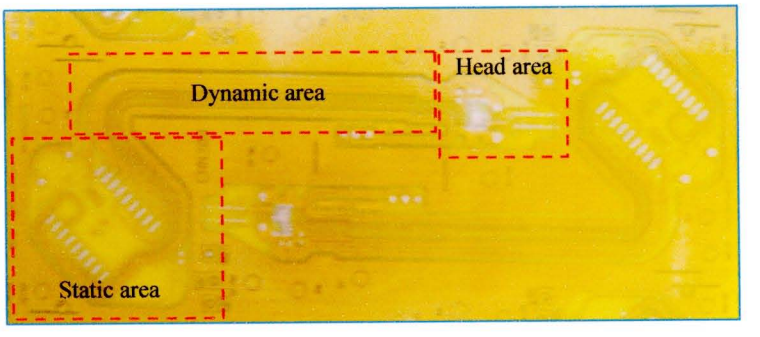
4.1 ระยะกำหนด (Define phase)

4.1.1 ศึกษาปัญหาเบื้องต้น กำหนดลูกค้า และกำหนดวิธีการเก็บข้อมูล

1. จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าโรงงานกรณีศึกษานั้นมีปัญหาด้านคุณภาพในการผลิต ผลิตภัณฑ์แผงวงจรชนิดอ่อนตระกูล CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ซึ่งทั้งหมดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน มากที่สุดในบรรดาผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่โรงงานทำการผลิตอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงานกรณีศึกษาที่กำลังเริ่มต้นทำการผลิตในสายการผลิตได้ไม่นานนัก ประกอบกับลูกค้าที่สั่งซื้อมีความต้องการผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในปริมาณที่สูงมาก และกำลังจะมีการเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อมากขึ้นจากยอดที่สั่งซื้ออยู่ในปัจจุบันภายใน 2 เดือนข้างหน้า ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงจำเป็นจะต้องรีบทำการแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพให้ได้โดยเร็วที่สุดก่อนที่จะมีการเพิ่มปริมาณการผลิตตามความต้องการของลูกค้า เพื่อให้โรงงานกรณีศึกษาได้รับผลกำไรจากการขายสินค้าตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ต่อมาจึงได้ทำการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ พบว่าสำหรับลักษณะโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์แผงวงจรชนิดอ่อนนี้ก็คือ จะมีลายวงจรไฟฟ้าที่ทำจากทองแดงเคลือบติดอยู่บนแผ่นฟิล์ม Polyimide ชนิดหนึ่งที่

ด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านจะมีแผ่นฟิล์ม Polyimide อีกชนิดประกบปิดอยู่ โดยจะมีส่วนที่เป็นจุดเชื่อต่อวงจรทางไฟฟ้าส่วนที่เป็นทองแดง (Copper pad) สำหรับการใช้งานเท่านั้นที่ถูกเปิดไว้ เพื่อไม่ให้เกิดการลัดวงจร (Short circuit) ขณะที่อุปกรณ์กำลังทำงาน และผลิตภัณฑ์แผงวงจรชนิดอ่อนแต่ละประเภทนั้นจะถูกออกแบบให้มีความแตกต่างกันตามการใช้งาน โดยส่วนที่จะมีความแตกต่างกันนั้นจะมีอยู่ 3 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกันก็คือ พื้นที่ส่วนหัว (Head area), พื้นที่ส่วนที่เคลื่อนไหว (Dynamic area) และ พื้นที่ส่วนที่ไม่เคลื่อนไหว (Static area) ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผงวงจรชนิดอ่อนแบบ CNN308

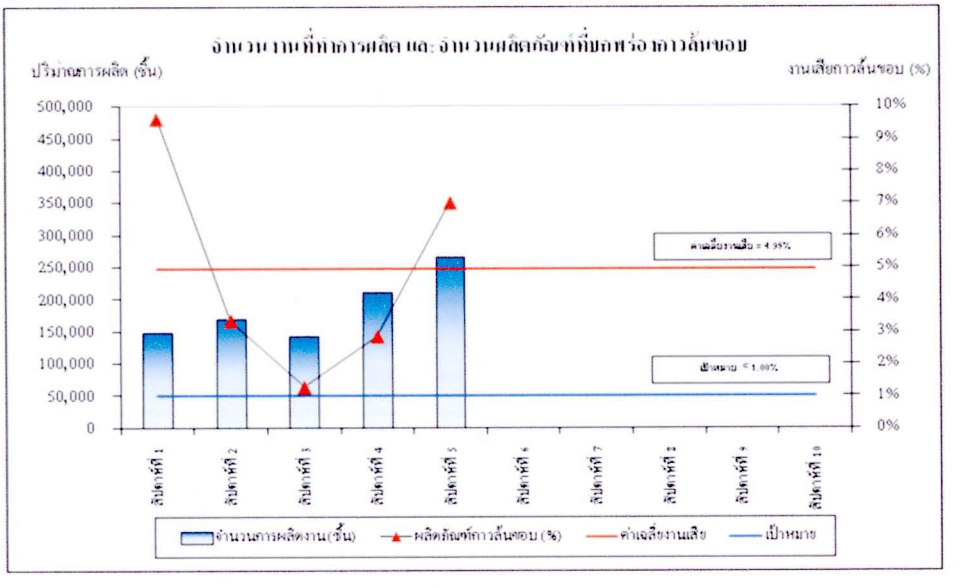
สำหรับผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 นี้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อส่งให้กับลูกค้าที่ทำการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่รายหนึ่งในประเทศไทย โดยลูกค้ามีความต้องการสินค้าสูงมาก เพื่อที่จะนำไปใช้ประกอบในส่วน Hard disk drive actuator ของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่ ซึ่งแผงวงจรชนิดอ่อนที่จะนำไปใช้นี้จะต้องมีการเคลื่อนที่และพับงอไปมาอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ส่วนที่เคลื่อนไหว (Dynamic area) ในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำงาน ดังนั้นแผงวงจรชนิดอ่อนจะต้องมีคุณภาพที่ดีและความทนทานต่อการใช้งานสูง

2. เมื่อทราบถึงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์แล้วต่อมาจึงทำการกำหนดวิธีการเก็บข้อมูลการผลิต และข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สำหรับการศึกษา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถือว่ามีความสำคัญมาก เพราะถ้าหากได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องมาก็จะทำให้การวิเคราะห์และการแก้ไขนั้นผิดพลาดตามไปด้วย เมื่อศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาก็พบว่า มีการใช้ระบบ SAP ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้และทั่วโลกยอมรับ ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของ

การผลิตและการทำงานของแผนกต่าง ๆ อยู่แล้ว ดังนั้นในการเก็บข้อมูลการผลิต และข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบแต่ละครั้งนั้น จะทำการเก็บข้อมูลจาก ระบบ SAP ของทางโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้มามีความถูกต้องและเชื่อถือได้

4.1.2 กำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุง ขอบเขต ตัวชี้วัด และตั้งเป้าหมาย

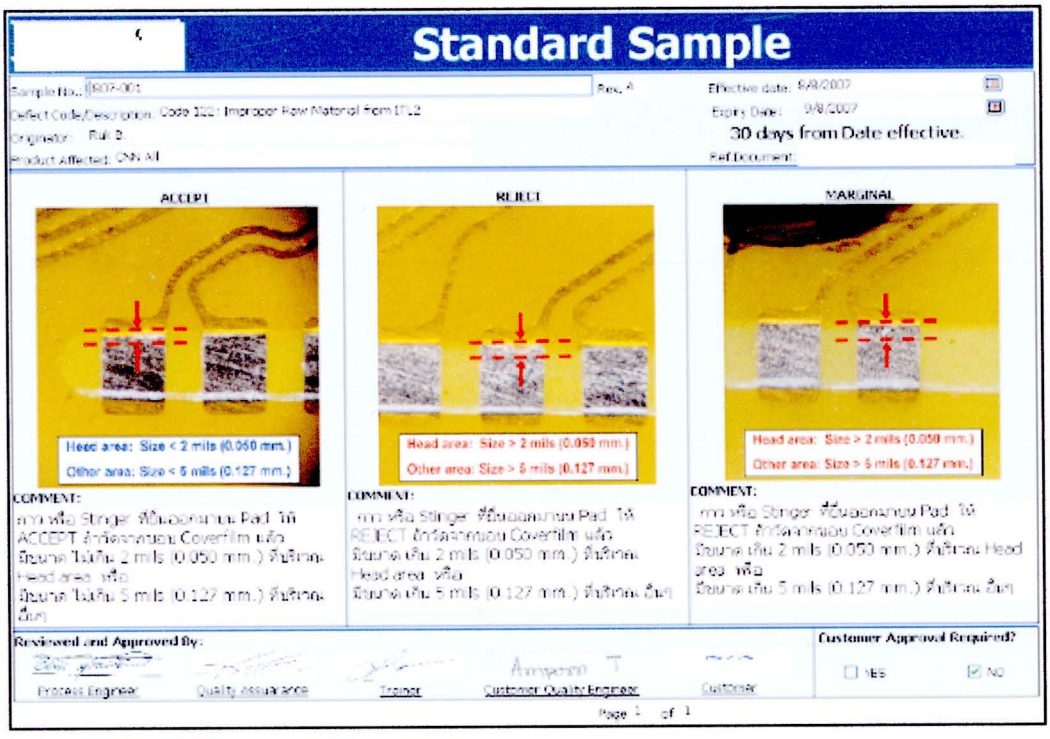
1. จากนั้นจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลการผลิตและข้อมูลปัญหาทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 โดยทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังไปเป็นเวลา 5 สัปดาห์ และพบว่าปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ที่เกิดขึ้นมากที่สุดก็คือ การเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบ ซึ่งมีจำนวนมากถึง 63,522 ชิ้น จากการผลิตงานทั้งหมด 938,370 ชิ้น คิดเป็นอัตราการเกิดเฉลี่ยสูงถึง 4.95% ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบจากระบบ SAP

2. ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบที่จะทำการแก้ไข โดยเริ่มจากการตรวจสอบเอกสารมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Standard operating procedure, SOP) ของการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 พบว่าการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบนั้น จะใช้มาตรฐานเดียวกันกับ ผลิตภัณฑ์ CNN

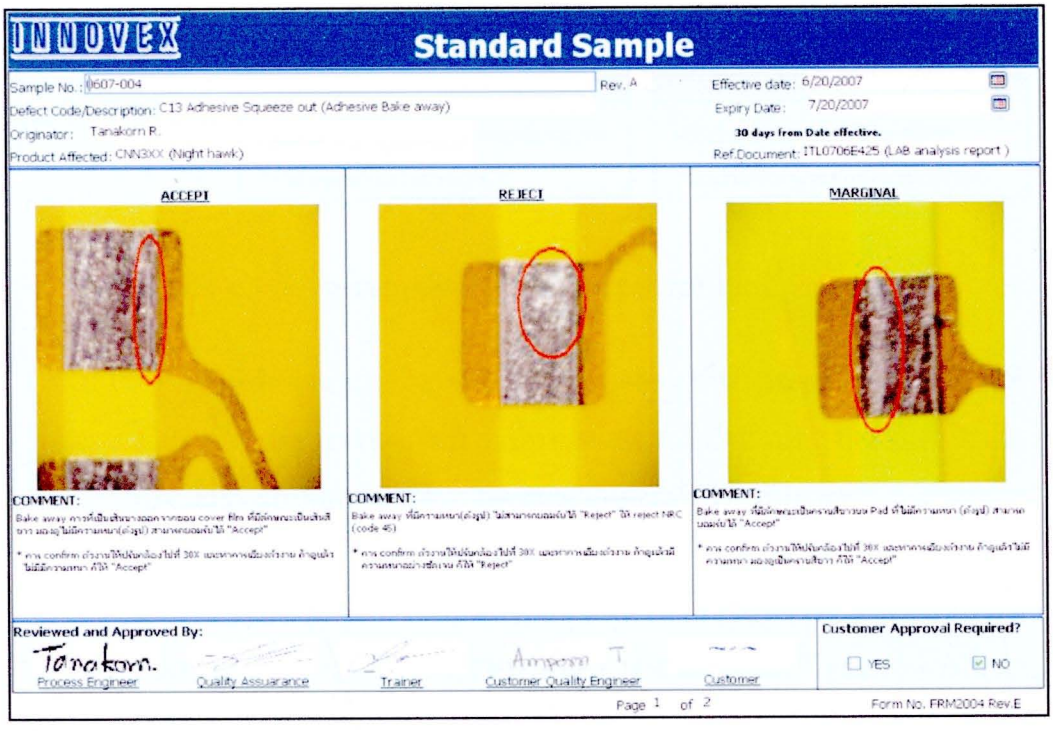
อื่น ๆ ทุกประเภท โดยเกณฑ์การพิจารณาและการตัดสินสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบดังกล่าวนั้นได้กำหนดไว้ว่า เมื่อพบผลิตภัณฑ์ CNN ที่มีกาวล้นออกมาที่บริเวณขอบฟิล์มมากเกินไป จะต้องมีการตรวจสอบกาวที่ล้นขอบของผลิตภัณฑ์นั้น โดยใช้การตรวจด้วยสายตาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบมีสเกล (Scaled microscope) ที่มีอัตราขยาย 10 เท่า ซึ่งเกณฑ์การตัดสินนั้น จะสามารถยอมรับได้ ถ้าพบว่ามีกาวล้นขอบไม่เกิน 0.050 มิลลิเมตร ที่บริเวณพื้นที่ส่วนหัว หรือถ้าพบว่ามีกาวล้นขอบไม่เกิน 0.127 มิลลิเมตร ที่บริเวณพื้นที่ส่วนอื่นๆ ดังรูป 4.3



รูปที่ 4.3 มาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบแบบที่ 1

ส่วนอีกกรณีหนึ่งคือปัญหาของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบออกมาที่บริเวณตรงกลางของส่วนที่เป็นจุดเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าที่เป็นทองแดง (Copper pad) ที่เกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งถือว่ามีความรุนแรงของปัญหาสูงมาก และในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบลักษณะนี้นั้น เกณฑ์การตัดสินจะใช้วิธีตรวจสอบว่าสภาพกาวล้นขอบที่เกิดขึ้นนั้นมีความหนาหรือไม่ ถ้ามีความหนาจะไม่สามารถยอมรับได้ทุกกรณี หรืออีกนัยหนึ่งก็

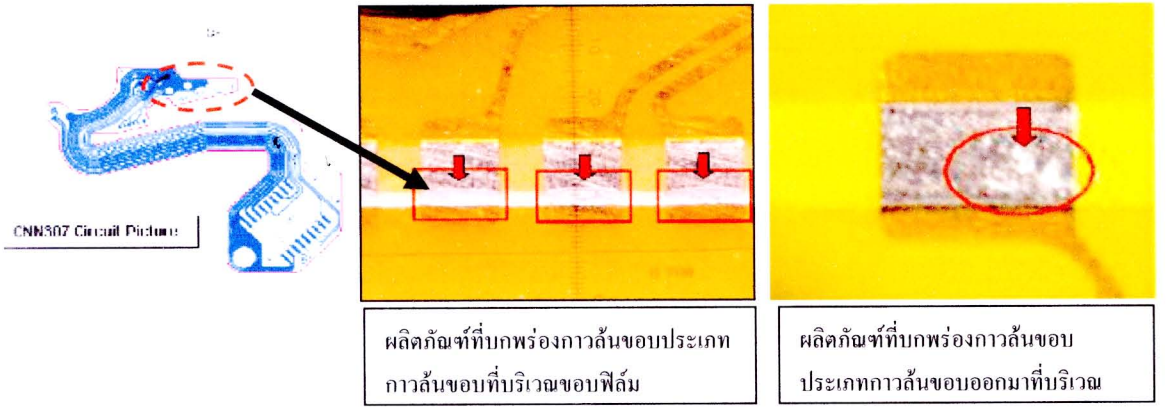
คือมีกาวล้นออกมาบริเวณนั้นนั่นเอง แต่ถ้าไม่มีความหนาก็จะสามารถยอมรับได้ เพราะกรณีที่เกิดเป็นคราบสีขาวบาง ๆ นั้น จะเป็นการตกค้างของแก๊สที่เกิดจากการอบกาวซึ่งจะสามารถทำความสะอาดออกไปได้เมื่อผ่านกระบวนการล้างในขั้นตอนการผลิตถัดไป จะเห็นว่าเกณฑ์การตัดสินผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบลักษณะนี้นั้น จะไม่มีค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance) ที่สามารถยอมรับได้เลย ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เพราะว่าหากลูกค้านำผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องไปทำการผลิต จะทำให้การเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าที่บริเวณจุดเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าส่วนที่เป็นทองแดง (Copper pad) ไม่สมบูรณ์หรือไม่ติดได้ หรือถ้าสามารถเชื่อมต่อติดได้ ก็อาจจะเกิดปัญหาอื่นตามมาในภายหลัง หรืออาจจะเกิดขึ้นเมื่อลูกค้าปลายทาง (End user) นำไปใช้งาน



รูปที่ 4.4 มาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบแบบที่ 2

หลังจากเข้าใจลักษณะผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ และมาตรฐานในการพิจารณารวมถึงเกณฑ์การตัดสินแล้ว จึงไปทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ของผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 จากกระบวนการผลิตไปทำการวิเคราะห์ (Defect analysis) อีกครั้ง เพื่อให้เข้าใจลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องและช่วยในการค้นหาสาเหตุที่

แท้จริง (Root cause) ซึ่งผลที่ได้ทำให้ทราบว่าการเกิดกาวล้นขอบนั้น จะพบเพียงบริเวณพื้นที่ส่วนหัว (Head area) ของผลิตภัณฑ์เท่านั้น และยังพบอีกว่าผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบบริเวณพื้นที่ส่วนหัว จะมี 2 ประเภท คือ ประเภทกาวล้นขอบออกมาที่บริเวณขอบฟิล์มมากเกินไป และ ประเภทกาวล้นขอบออกมาที่บริเวณตรงกลางของส่วนที่เป็นจุดเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าที่เป็นทองแดง ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ

โดยที่สัดส่วนของประเภทกาวล้นขอบออกมาที่บริเวณตรงกลางของส่วนที่เป็นจุดเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าที่เป็นทองแดง จะมีสัดส่วนที่สูงกว่ามาก โดยคิดเป็น 94% ของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบทั้งหมด

3. จากข้อมูลที่ได้ ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตที่จะทำการศึกษาได้นั่นคือ จะทำการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ของผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 เท่านั้น โดยจะทำการศึกษากระบวนการผลิตตั้งแต่กระบวนการแรกคือ กระบวนการติดแผ่นฟิล์มอัตโนมัติ จนถึงกระบวนการสุดท้ายคือ กระบวนการบรรจุหีบห่อ โดยในการศึกษานี้จะใช้ตัวชี้วัดเป็น ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) และมีการตั้งเป้าหมายไว้ว่า จะทำการลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบลงจาก 4.95% ให้เหลือน้อยกว่า 1% ซึ่งเป้าหมายที่ตั้งนั้นก็เป็นเป้าหมายเดียวกันกับเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษาด้วยเช่นกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับนโยบายของโรงงานกรณีศึกษาด้วย

4.1.3 กำหนดผู้ร่วมทำโครงการ

เนื่องจากในการศึกษานี้มีเป้าหมายที่เป็นเป้าหมายเดียวกันกับเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษา ทำให้ได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากทางโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างมาก โดยในส่วนของการจัดตั้งกลุ่มผู้ร่วมทำโครงการปรับปรุงคุณภาพนั้น ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ยินยอมให้ทำการคัดเลือกบุคคลากรจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกบุคลากรที่จะเข้ามาร่วมกลุ่ม โดยพิจารณาคัดเลือกจากบุคลากรที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบที่ทำงานอยู่ในสายการผลิตโดยตรงเป็นหลัก

ในการคัดเลือกบุคลากรดังกล่าวนั้นยังได้พิจารณาคัดเลือกจากบุคลากรในหลาย ๆ ระดับ ตั้งแต่ระดับหัวหน้างานลงมาถึงระดับพนักงานปฏิบัติการอีกด้วย เพื่อให้มีความแตกต่างหลากหลายในแง่ของ มุมมอง ความคิด และประสบการณ์ที่แต่ละคนมีต่อปัญหา เพราะสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้สามารถรวบรวมปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะเกี่ยวข้องกับปัญหาได้อย่างครบถ้วนและครอบคลุมมากที่สุด อีกทั้งยังอาจจะมีแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขปัญหาที่สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้อีกด้วย

นอกจากนี้ยังได้ทำการพิจารณาด้วยว่าบุคลากรที่จะทำการคัดเลือกมานั้น มีพื้นฐานความรู้ทางด้าน ซิกซ์ ซิกม่า เป็นอย่างไร เพื่อให้มีความเข้าใจถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำ ซิกซ์ ซิกม่า เหมือน ๆ กัน และเพื่อให้บุคลากรในกลุ่มสามารถดำเนินงานไปด้วยกันตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว สอดคล้องกัน และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อสอบถามไปยัง ผู้จัดการ วิศวกร และหัวหน้างาน ก็ทำให้ทราบว่าพนักงานทุกคนได้รับการฝึกอบรม ซิกซ์ ซิกม่า จาก มาสเตอร์แบล็กเบลท์ และ แบล็กเบลท์ (Black belt) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้าน ซิกซ์ ซิกม่า ของโรงงานแล้ว เนื่องจากทางโรงงานเองมีนโยบายในการส่งเสริมให้พนักงานที่ทำงานอยู่ในหน่วยงานต่าง ๆ ของโรงงานทุกคน มีความรู้ในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพโดยการใช้ ซิกซ์ ซิกม่า เป็นนโยบายหลักในการดำเนินงาน เพื่อให้พนักงานทุกคนนำ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในการทำงานให้ดีขึ้น มีความเข้าใจตรงกัน และสามารถทำงานสอดคล้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด โดยในส่วนของ วิศวกร และ หัวหน้างานฝ่ายผลิตอาวุโส จะต้องผ่านการฝึกอบรมในระดับกรีนเบลท์ ทุกคน และในส่วนของ ช่างเทคนิค หัวหน้างาน พนักงานปฏิบัติการ และพนักงานในส่วนของการสนับสนุนอื่น ๆ หรือมีความเกี่ยวข้องกับ

สายการผลิตทางอ้อม จะต้องผ่านการฝึกอบรมในระดับ ออเร้นจ์เบลท์ (Orange belt) ทุกคน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การพิจารณาคัดเลือกบุคลากรที่จะเข้ามาร่วมกลุ่มสามารถทำได้อย่างเต็มที่

ซึ่งในที่สุดก็ได้คัดเลือกบุคลากรจากหน่วยงานต่าง ๆ มาได้รวมทั้งสิ้น 17 คน โดยบุคลากรทุกคนเป็นผู้ที่ทำงานและรับผิดชอบอยู่ในกระบวนการผลิตที่จะทำการศึกษาทั้งหมด และนอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงพนักงานที่เป็นผู้ทำการผลิตงานในสายการผลิตโดยตรงครบทั้ง 2 กะการผลิตอีกด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่น 1 คน
2. ช่างเทคนิคกระบวนการผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่น 1 คน
3. วิศวกรควบคุมกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 1 คน
4. ช่างเทคนิคกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 1 คน
5. วิศวกรควบคุมผลิตภัณฑ์ CNN 1 คน
6. ผู้ช่วยวิศวกรควบคุมผลิตภัณฑ์ CNN 1 คน
7. วิศวกรควบคุมคุณภาพ 1 คน
8. หัวหน้างานฝ่ายผลิตกระบวนการผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่น 1 คน
9. หัวหน้าพนักงานในสายผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่น 2 คน
10. พนักงานในสายผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่น 2 คน
11. หัวหน้างานฝ่ายผลิตกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 1 คน
12. หัวหน้าพนักงานในสายผลิตกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 2 คน
13. พนักงานในสายผลิตกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 2 คน

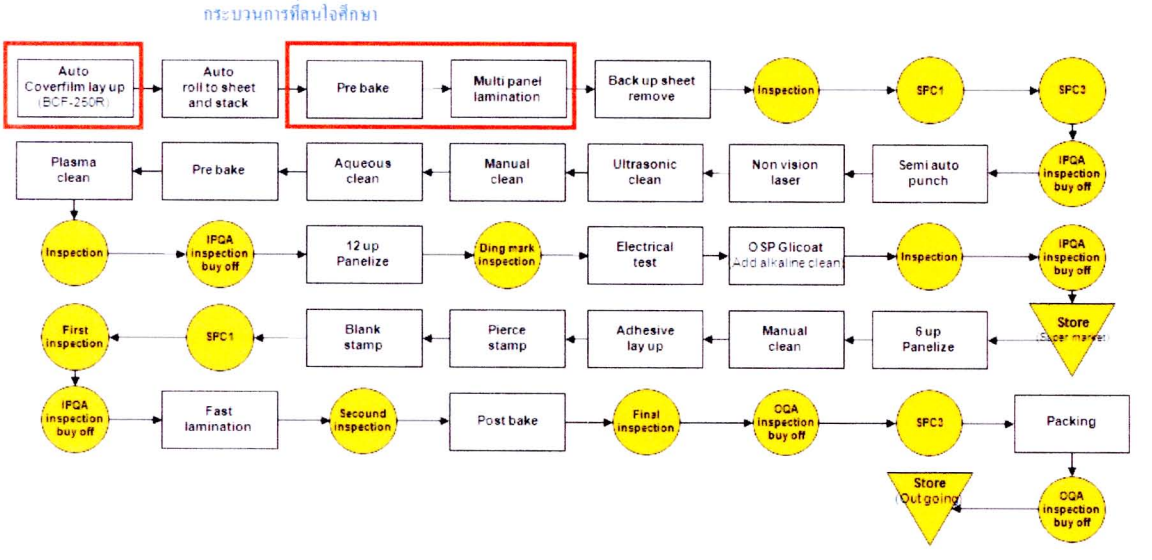
ทางโรงงานกรณีศึกษาก็ได้พิจารณาอนุมัติให้บุคลากรดังกล่าวทั้งหมดสามารถมาเข้าร่วมกลุ่มตามที่ได้ขออนุญาตไปครบทุกคน นอกจากนี้ยังจัดสรรเวลาและมอบหมายให้บุคลากรดังกล่าวทุกคนมาเข้าร่วมประชุมทุกครั้ง รวมถึงทำงานที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มไปอีกด้วย

หลังจากนั้นจึงทำการประชุมเพื่ออธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ของการทำการศึกษาให้สมาชิกในกลุ่มได้รับทราบและเข้าใจตรงกัน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางในการดำเนินงาน เป้าหมาย และรายละเอียดอื่นๆ

4.2 ระยะวัด (Measure Phase)

4.2.1. สร้างแผนผังการไหลกระบวนการ (Process flow diagram)

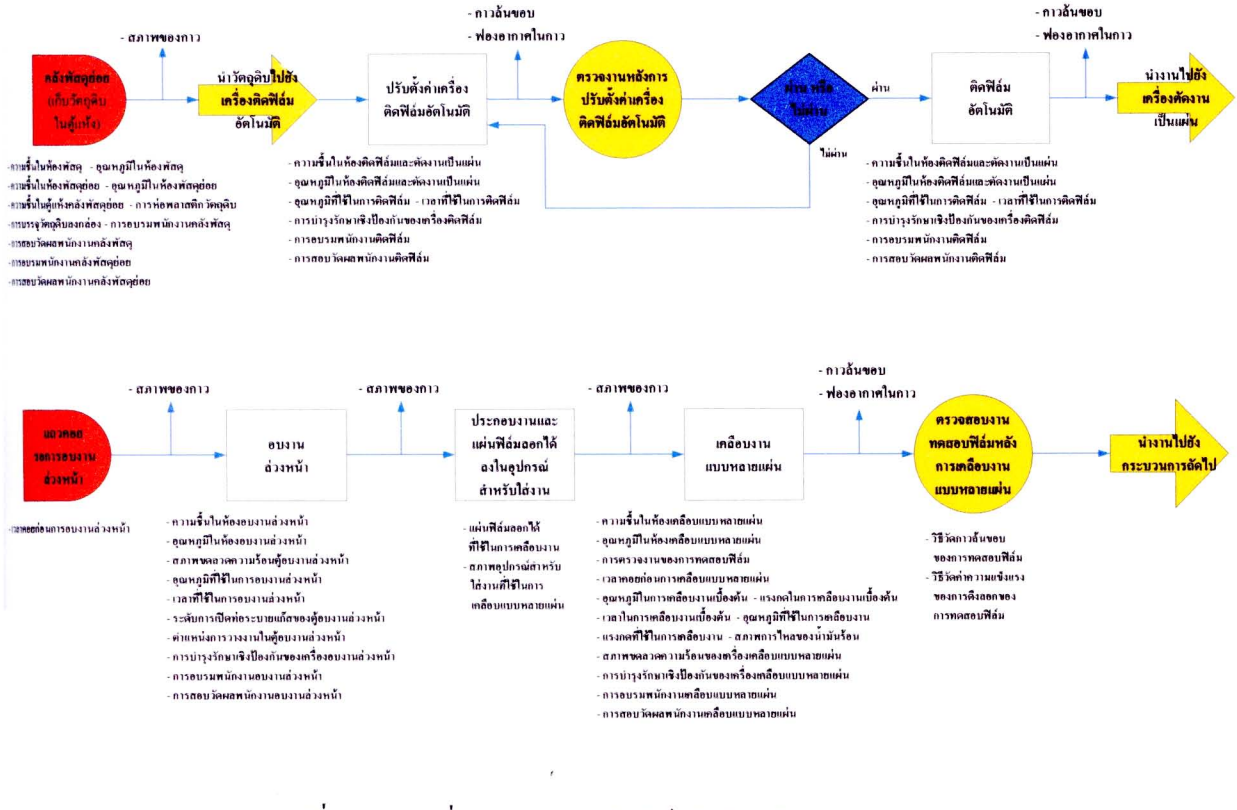
ทำการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ตั้งแต่กระบวนการแรก คือ กระบวนการติดแผ่นฟิล์มอัตโนมัติ (Auto coverfilm lay up) จนถึงกระบวนการสุดท้าย คือ การนำผลิตภัณฑ์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไปเก็บที่คลังพัสดุ (Store) พบว่ามีทั้งหมด 42 กระบวนการ จากนั้นจึงนำข้อมูลกระบวนการผลิตที่ได้จากการศึกษามาสร้างแผนผังการไหลกระบวนการ เพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตทั้งหมดว่ามีกระบวนการใดบ้าง และมีกระบวนการใดที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ซึ่งเมื่อตรวจสอบตัวผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตออกมาจากแต่ละกระบวนการในแผนผังการไหลแล้ว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบจะเกิดขึ้นที่ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น (Multi panel lamination) โดยมี กระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ (Auto coverfilm lay up) และกระบวนการอบ (Pre bake) ที่อยู่ก่อนหน้านั้นเกี่ยวข้องด้วย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถส่งผลถึงสภาพกาวของฟิล์มได้ และอาจจะมีผลกระทบต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 แผนผังการไหลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308

4.2.2. สร้างแผนที่กระบวนการ (Process mapping)

ทำการศึกษากระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น ทั้ง 3 กระบวนการ ที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วในเชิงลึกอย่างละเอียดอีกครั้ง โดยทำการศึกษาลงไปในขั้นตอนการทำงานย่อย หรือกระบวนการย่อยที่มีอยู่ในกระบวนการทั้ง 3 กระบวนการดังกล่าว รวมถึงทำการระดมสมองกับสมาชิกในกลุ่มที่มีความเชี่ยวชาญพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลกระทบต่อกระบวนการแต่ละกระบวนการด้วย จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนที่กระบวนการของกระบวนการทั้ง 3 ดังกล่าว พร้อมกับระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ หรือที่เรียกว่า ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ (Key input variables, KPIVs) และปัจจัยขาออกของกระบวนการที่ได้จากกระบวนการนั้นๆ หรือที่เรียกว่า ปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ (Key output variable, KPOV) ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนที่กระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และกระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

จะเห็นว่ามีการระบุ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ หรือที่เรียกว่า ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ และปัจจัยขาออกของกระบวนการที่ได้จากกระบวนการนั้นๆ หรือที่เรียกว่า ปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ ไว้ในแต่ละกระบวนการย่อย โดยในส่วนของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญจะมีหลายปัจจัยตามกระบวนการนั้นๆ ส่วนปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ จะมีเพียง สภาพของกาว ฟองอากาศในกาว และกาวล้นขอบเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้น เพราะทั้ง 3 ปัจจัยนี้มีผลโดยตรงกับการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบที่สนใจทำการศึกษานั่นเอง

สำหรับรายละเอียดของกระบวนการย่อยแต่ละกระบวนการและปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่พิจารณาแล้วว่า น่าจะมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปนั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กระบวนการคลังพัสดุย่อย (เก็บวัตถุดิบในตู้แห้ง)

เป็นคลังพัสดุย่อยในสายการผลิตที่จะมีการนำวัตถุดิบฟิล์มจากคลังพัสดุใหญ่ด้านนอกสายการผลิตซึ่งถูกเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรักษาสภาพของกาว มาเก็บไว้ในเพื่อส่งต่อไปทำการผลิตต่อไป แต่เนื่องจากฟิล์มนั้นถูกเก็บไว้ในห้องเย็นซึ่งมีความชื้นสูงมาก่อน ดังนั้นฟิล์มดังกล่าวจะต้องถูกนำไปเก็บไว้ในตู้แห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นที่มีผลกับสภาพของกาวให้มีความชื้นต่ำที่สุดก่อนจะนำไปใช้ ในกระบวนการนี้จะพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญในส่วนของ ความชื้น อุณหภูมิ ต่าง ๆ ที่กาวจะได้รับ การบรรจุ และการทำงานของพนักงานเป็นหลัก

2. กระบวนการนำวัตถุดิบไปยังเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติ

กระบวนการนี้เป็นการนำงานไปยังกระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ จึงไม่มีการพิจารณาปัจจัยใดๆ

3. กระบวนการปรับตั้งค่าเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติ

เป็นกระบวนการที่ทำการปรับตั้งค่าเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติและทดสอบผลการทำงาน ก่อนที่จะเริ่มทำการติดฟิล์มแบบอัตโนมัติเข้ากับแผงวงจรชนิดอ่อน ซึ่งวัตถุดิบฟิล์มและแผงวงจรชนิดอ่อนที่จะทำการผลิต จะถูกนำไปไว้ที่เครื่อง รวมทั้งจะมีการนำวัตถุดิบเหล่านั้นไปใช้ทำการปรับตั้งเครื่องด้วย ดังนั้นจึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญในส่วนของ ความชื้น อุณหภูมิ ที่กาว

จะได้รับทั้งจาก สภาพแวดล้อมในห้อง และจากการติดฟิล์มโดยเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติ รวมถึงพนักงานที่ทำงานด้วย

4. กระบวนการตรวจงานหลังการปรับตั้งค่าเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติ

เป็นกระบวนการที่ทำการสุ่มตรวจสอบการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบหรืออื่น ๆ โดยใช้การตรวจด้วยสายตาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบมีสเกลที่มีอัตราขยาย 10 เท่า เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจพบปัญหา ป้องกันการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจำนวนมากเนื่องจากเครื่องจักรดังกล่าวมีความสามารถในการผลิตงานในปริมาณสูงมาก และยังป้องการเล็ดรอดของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องไปยังกระบวนการถัดไปอีกด้วย แต่ในขั้นตอนนี้เป็นการสุ่มตรวจซึ่งเร็วมาก และไม่มีผลกับการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบจึงไม่มีการพิจารณาปัจจัยใด ๆ

5. กระบวนการทำการติดฟิล์มแบบอัตโนมัติ

เป็นกระบวนการที่ทำการติดฟิล์มเข้ากับแผงวงจรชนิดอ่อนแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นการทำให้ฟิล์มยึดติดกับแผงวงจรชนิดอ่อนตรงตามตำแหน่งของวงจรที่ออกแบบมา และเป็นการติดฟิล์มแบบชั่วคราวที่ใช้ความร้อนไม่สูง ใช้เวลาไม่นาน และใช้แรงกดไม่มากนักเท่านั้น ก่อนที่จะไปทำการติดแบบถาวรที่กระบวนการถัดไป ดังนั้นจึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญในส่วนของ ความชื้น อุณหภูมิ ที่กาวจะได้รับ ทั้งจากสภาพแวดล้อมในห้อง และจากการติดฟิล์มโดยเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติ รวมถึงพนักงานที่ทำงานด้วย ดังนั้นกระบวนการนี้จึงมีปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ และปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ เหมือนกันกับกระบวนการปรับตั้งค่าเครื่องติดฟิล์มอัตโนมัติในขั้นตอนที่แล้ว

6. กระบวนการนำงานไปยังเครื่องตัดงานเป็นแผ่น

กระบวนการนี้เป็นการนำงานไปยังกระบวนการตัดงานเป็นแผ่น จึงไม่มีการพิจารณาปัจจัยใดๆ

7. กระบวนการแถวคอยรอการอบงานล่วงหน้า

กระบวนการนี้เป็นการนำงานไปรอในแถวคอยเพื่ออบงานล่วงหน้า จึงไม่มีการพิจารณาปัจจัยใดๆ

8. กระบวนการอบงานล่วงหน้า

เป็นกระบวนการนำงานมาอบล่วงหน้าด้วยอุณหภูมิต่ำและโดยใช้เวลาไม่นานนัก เพื่ออุ่นกาวให้เริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว และมีความพร้อมสำหรับการนำไปทำการเคลือบแบบหลายแผ่นในกระบวนการถัดไป ดังนั้นจึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญในส่วนของ ความชื้น อุณหภูมิ ที่กาวจะได้รับ ทั้งจากสภาพแวดล้อมในห้อง ในตู้อบงาน สภาพของตู้อบงาน และการทำงานของพนักงาน ที่จะมีผลต่อสภาพของกาวโดยตรง

9. กระบวนการประกอบงาน และแผ่นฟิล์มลอกได้ลงในอุปกรณ์สำหรับใส่งาน

เป็นกระบวนการที่จะนำงาน (แผงวงจรชนิดอ่อนที่ติดฟิล์มแบบชั่วคราว) มาประกอบเข้ากับชุดแผ่นฟิล์มลอกได้สำหรับการเคลือบแบบถาวร โดยจะวางเรียงซ้อนกันลงในอุปกรณ์สำหรับใส่งาน ก่อนที่จะนำไปทำการเคลือบแบบหลายแผ่นต่อไป จึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญในส่วนของชุดแผ่นฟิล์มลอกได้ และสภาพของอุปกรณ์สำหรับใส่งาน

10. กระบวนการเคลือบงานแบบหลายแผ่น

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญมาก เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำงานที่ประกอบลงในอุปกรณ์สำหรับใส่งานเรียบร้อยแล้ว ไปทำการเคลือบแบบหลายแผ่นพร้อม ๆ กันด้วย อุณหภูมิสูง แรงกดสูง และใช้เวลานาน จนกระทั่งแผงวงจรชนิดอ่อนและฟิล์มติดกันแบบถาวร ดังนั้นจึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญต่าง ๆ จำนวนมากที่สุด โดยจะมีในส่วนของ ความชื้น อุณหภูมิ ที่กาวจะได้รับ ทั้งจากสภาพแวดล้อมในห้อง อุณหภูมิ แรงกด และเวลาที่ใช้ในการเคลือบงาน สภาพของเครื่องเคลือบงานแบบหลายแผ่น และการทำงานของพนักงาน ที่จะมีผลต่อการเกิดกาวล้นขอบ และฟองอากาศในกาว ซึ่งถ้าเกินมาตรฐานก็จะกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องไป

11. กระบวนการตรวจสอบงานทดสอบฟิล์มหลังการเคลือบงานแบบหลายแผ่น

เป็นกระบวนการที่จะนำงานทดสอบฟิล์มที่เคลือบแล้ว มาทำการตรวจสอบกาวล้นขอบฟิล์ม และฟองอากาศในกาว โดยใช้การตรวจด้วยสายตาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบมีสเกลที่มีอัตราขยาย 10 เท่า และวัดค่าความแข็งแรงการดึงลอกของฟิล์ม โดยใช้เครื่องวัดค่าความแข็งแรงการดึงลอก จึงมีการพิจารณาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญเพียงแค่วิธีการวัดหรือตรวจสอบงานเท่านั้น

12. กระบวนการนำงานไปยังกระบวนการถัดไป

กระบวนการนี้เป็นการนำงานไปยังกระบวนการถัดไป จึงไม่มีการพิจารณาปัจจัยใด ๆ

4.2.3. สร้างแผนภูมิก้างปลา (Fishbone diagram)

นำข้อมูลจากที่ได้ศึกษาแผนผังการไหลกระบวนการ และแผนที่กระบวนการทั้งหมด มาทำการสร้างแผนภูมิก้างปลา โดยจะอาศัยหลักการ 5M1E ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปัญหา ประกอบด้วย คน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material), วิธีการ (Method), การวัด (Measurement) และสิ่งแวดล้อม (Environment) ซึ่งในการทำขั้นตอนนี้จะนำเอาปัจจัยทั้งหมดทุกปัจจัยที่ได้มาจากการศึกษาแผนที่กระบวนการในตอนแผนที่แล้ว มาใส่เป็นก้างย่อยต่อจากก้างหลักของแผนภูมิก้างปลาให้ตรงตามหัวข้อของสาเหตุหลักของปัญหา ซึ่งผลจากการทำแผนภูมิก้างปลาทำให้ได้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบมาทั้งหมด 47 ปัจจัย

ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนปัจจัยทั้งหมดมีจำนวนมากถึง 47 ปัจจัย ซึ่งไม่สามารถแสดงได้หมดในรูปแผนภูมิก้างปลาเพียงรูปเดียว ดังนั้นจึงได้แบ่งออกมาเป็นก้างหลักหรือแบ่งตามสาเหตุหลักของปัญหา ซึ่งเมื่อแบ่งออกมาแล้วจะได้ทั้งหมด 5 ก้างหลัก ประกอบไปด้วยสาเหตุหลักที่มาจาก

1. คน

คือปัจจัยเกี่ยวกับการทำงานของพนักงานคลังพัสดุ กระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบล่วงหน้า และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น

2. เครื่องจักร

คือปัจจัยเกี่ยวกับการวัสดุ อุปกรณ์ ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร ในกระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น

3. วิธีการ

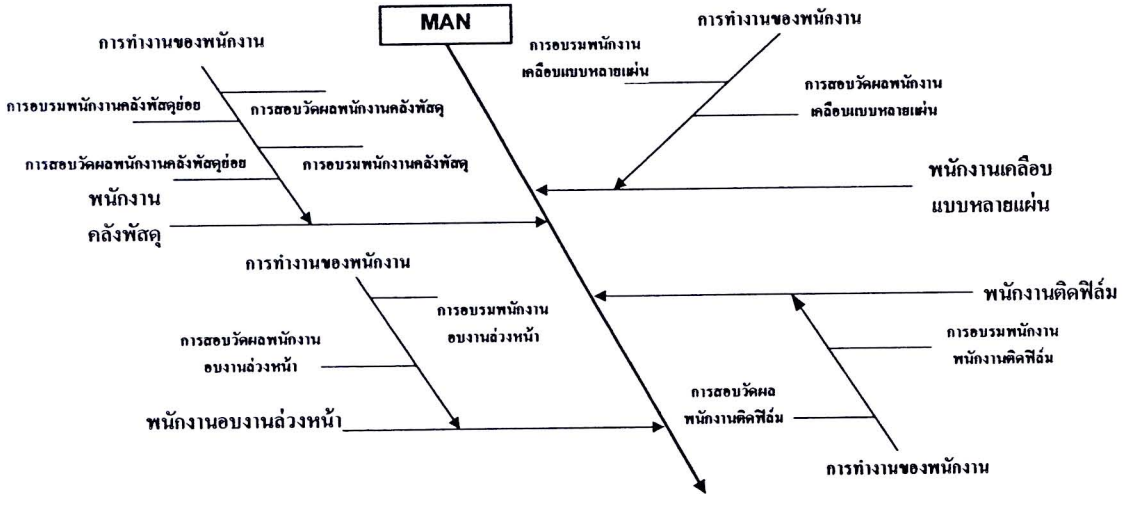
   คือปัจจัยเกี่ยวกับขั้นตอนหรือวิธีการทำงานในกระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น

4. วัตถุดิบ

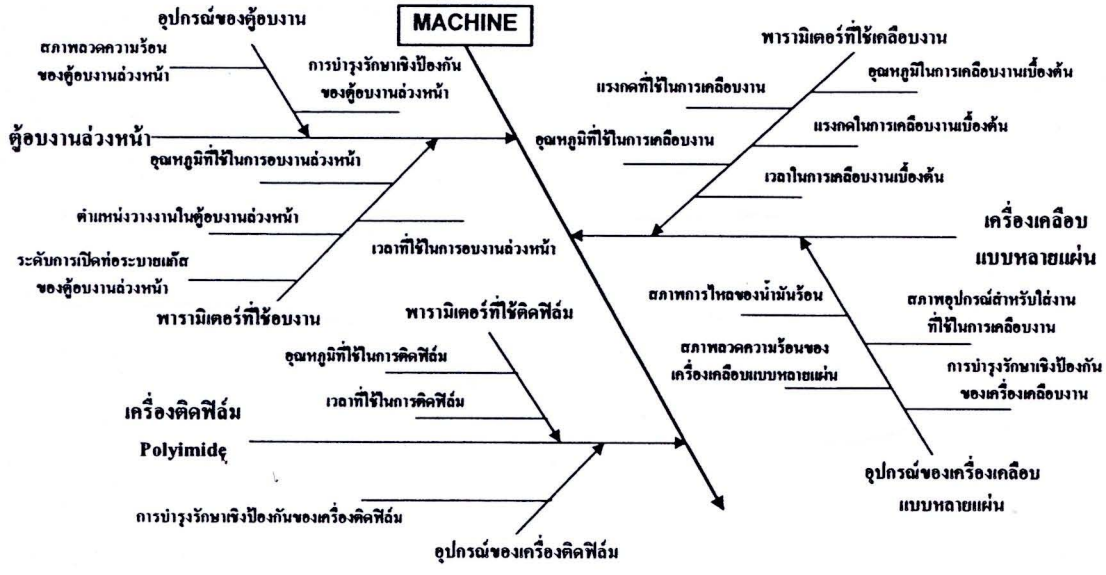
   คือปัจจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น

5. สิ่งแวดล้อม

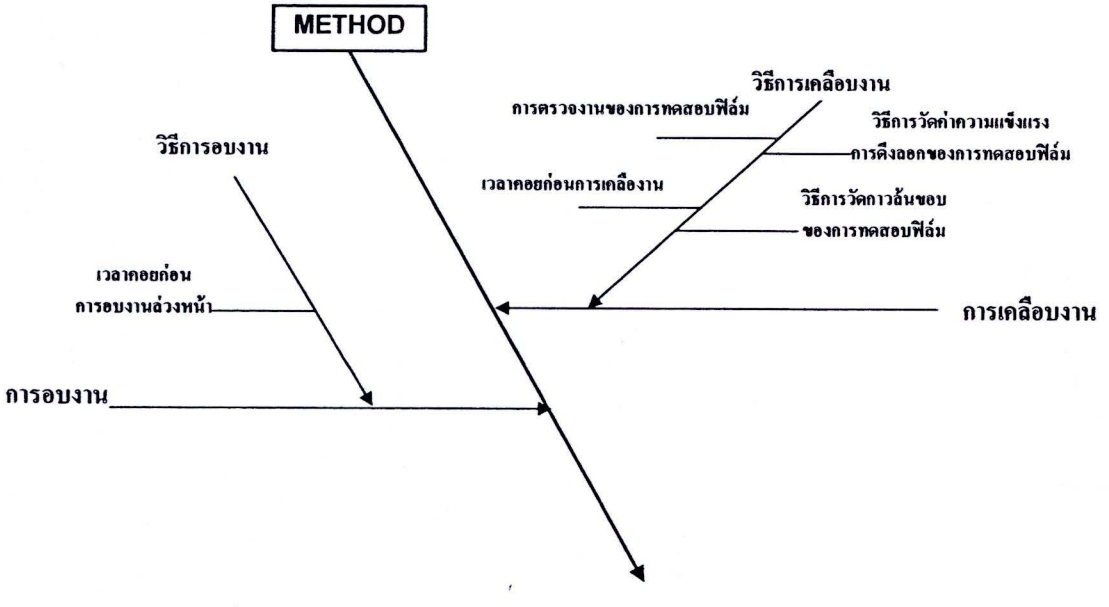
   คือปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงานของกระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น ดังแสดงรูปที่ 4.8 - 4.12



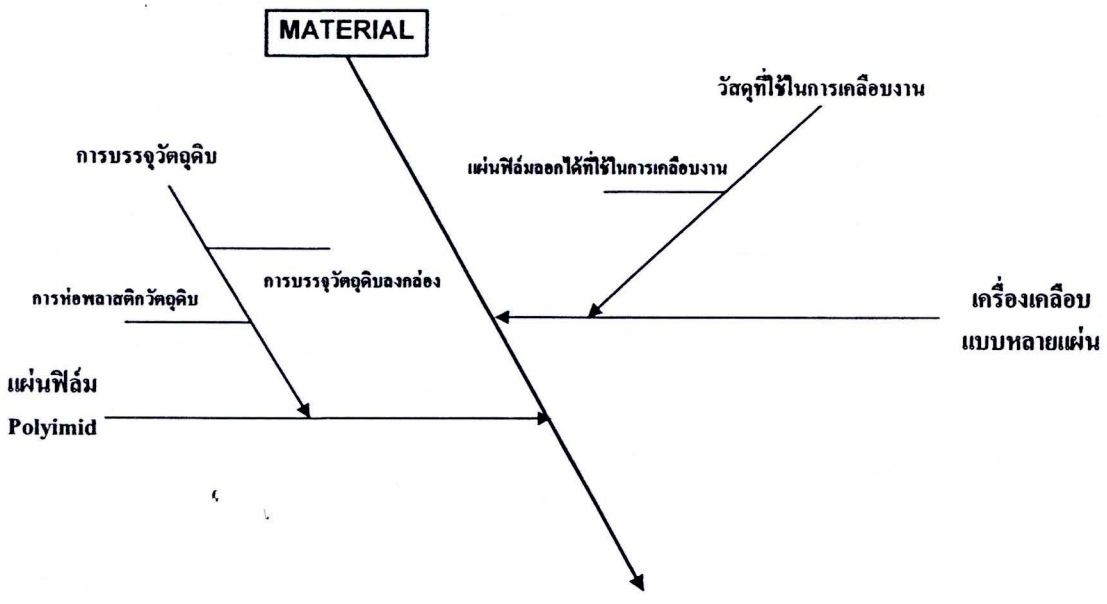
รูปที่ 4.8 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยจาก คน (Man)



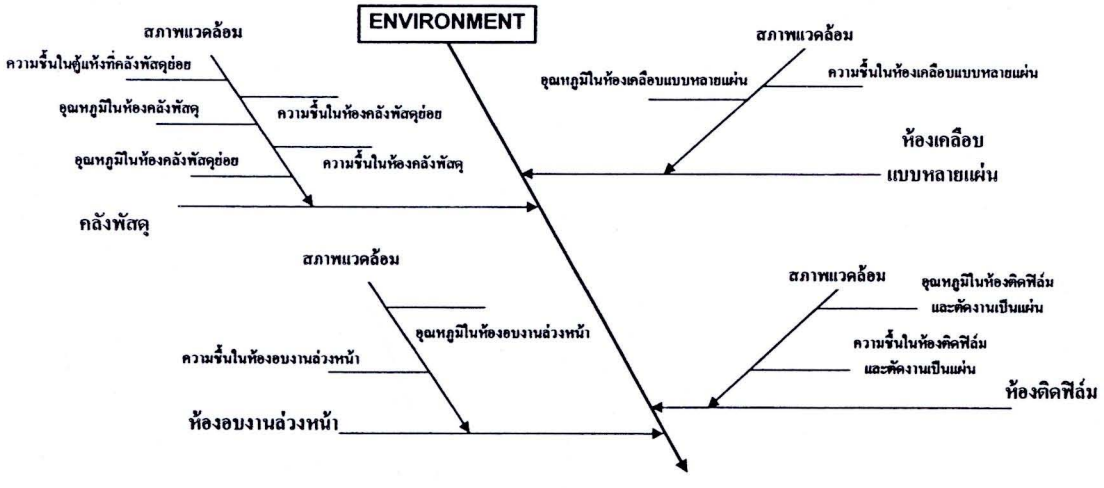
รูปที่ 4.9 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยจาก เครื่องจักร (Machine)



รูปที่ 4.10 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยจาก วิธีการ (Method)



รูปที่ 4.11 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยจาก วัตถุดิบ (Material)



รูปที่ 4.12 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยจาก สิ่งแวดล้อม (Environment)

4.2.4. สร้างตารางเหตุและผล (Cause and effect matrix)

พิจารณาความสัมพันธ์และผลกระทบของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญแต่ละปัจจัยกับปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ โดยใช้ตารางเหตุและผลเพื่อคัดกรองปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ ที่ได้มาจากการทำแผนภูมิก้างปลาจำนวนทั้งหมด 47 ปัจจัย ซึ่งมีจำนวนมาก ให้เหลือแต่ปัจจัยขาเข้าที่สำคัญมากและมีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจริงๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนถัดไป

ในการศึกษานี้พบว่ามีปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญอีก 2 ปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์กันกับ กระบวนการติดฟิล์มอัตโนมัติ กระบวนการอบ และ กระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่น ที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย นั่นคือ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ (Air bubble defect) และ ผลที่ได้รวม (Total yield) ดังนั้นในการสร้างตารางเหตุและผลจะทำโดยการ นำเอาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญทั้ง 47 ปัจจัย มาใส่ไว้ทางด้านซ้ายของตารางตามแถวในแนวนอน และนำเอาปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญทั้ง 3 ปัจจัย มาใส่ไว้ทางด้านบนของตารางตามแถวในแนวตั้ง แล้วจึงทำการกำหนดคะแนนปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญที่สนใจศึกษาตามลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยต่อการแก้ไขปัญหา จึงได้ทำการกำหนดให้ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ เป็นปัจจัยหลักโดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 9 คะแนน ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ เป็นปัจจัยรองลำดับที่ 1 เพราะอาจจะได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงกระบวนการโดยตรง มีค่าคะแนนเท่ากับ 7 คะแนน และผลที่ได้รวม (Yield) ซึ่งอาจจะมีผลกระทบจากการปรับปรุงกระบวนการในทางอ้อมเป็นปัจจัยรองลำดับที่ 2 มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 คะแนน ตามลำดับ

จากนั้นจึงทำการระดมสมองจากบุคลากรในกลุ่มที่มีความเชี่ยวชาญ เพื่อให้คะแนนของผลกระทบของ ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญแต่ละปัจจัย ที่จะมีต่อปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญแต่ละปัจจัย ตามระดับความรุนแรงของผลกระทบนั้น โดยจะมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 9 เพื่อให้การพิจารณาให้ค่าคะแนนนั้นมีการแยกแยะได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะดีกว่าการแบ่งเป็น 10 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 10 ซึ่งบางครั้งอาจจะแยกแยะไม่ได้ในกรณีที่ให้ค่าคะแนนต่างกันเพียง 1 คะแนน โดยเกณฑ์การให้คะแนนผลกระทบนั้น จะใช้เกณฑ์เดียวกันกับเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของปัญหา (Mosaica, 2007)

SEVERITY	
How severe is the EFFECT?	
Ranking	**Impact on Customer's Product/Process**
1	No impact to customer or cosmetic defect
3	Very low potential for customer impact.
5	Minor impact to customer yield, process capability, DPPM levels or delivery performance
7	Significant impact to customer yield, process capability, DPPM levels, or delivery performance
9	Customer line down, reliability failure, or missed shipments

ส่วนวิธีการคำนวณและการรวมคะแนนผลกระทบของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้

1. คะแนนผลกระทบ KPIV หมายถึง ค่าคะแนนของระดับผลกระทบที่ KPIV ปัจจัยใด ๆ ทำให้ KPOV ปัจจัยใด ๆ เปลี่ยนแปลงไป
2. คะแนนความสำคัญของ KPOV หมายถึง ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ หรือผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่สนใจศึกษา
3. ถ้าให้คะแนนผลกระทบ KPIV ปัจจัยที่ 1 กับ KPOV ปัจจัยที่ 1 = A
4. ถ้าให้คะแนนผลกระทบ KPIV ปัจจัยที่ 1 กับ KPOV ปัจจัยที่ 2 = B
5. ถ้าให้คะแนนผลกระทบ KPIV ปัจจัยที่ 1 กับ KPOV ปัจจัยที่ 3 = C
6. คะแนนความสำคัญของ KPOV1 = D
7. คะแนนความสำคัญของ KPOV2 = E
8. คะแนนความสำคัญของ KPOV3 = F

ดังนั้นค่าคะแนนรวมผลกระทบของ KPIV ปัจจัยที่ 1 ที่มีต่อ KPOV ปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ 3 จะสามารถคำนวณหาได้จากสูตรดังนี้

ผลกระทบของ KPIV ปัจจัยที่ 1 = (A x D) + (B x E) + (C x F)

สำหรับวิธีการคำนวณและการรวมคะแนนผลกระทบของ KPIV ปัจจัยอื่น ๆ ถัดไปก็จะใช้วิธีเดียวกัน จะเปลี่ยนแค่คะแนนผลกระทบ KPIV ในข้อ 3 - 5 จากปัจจัยที่ 1 เป็น 2, 3, ... , และอื่น ๆ ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกปัจจัย ส่วนคะแนนความสำคัญของ KPOV ปัจจัยที่ 1 - 3 ในข้อ 6 - 8 จะยังคงที่เหมือนเดิม

จากนั้นจึงทำการให้คะแนนปัจจัยทางด้านขาเข้ากระบวนการที่สำคัญแต่ละปัจจัยจนครบ แล้วจึงทำการรวมคะแนน ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตัวอย่างการคำนวณและการรวมคะแนนผลกระทบของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ จากตารางเหตุและผล สามารถอธิบายได้ดังนี้

ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย

มีคะแนนผลกระทบ กับ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ = 9 คะแนน

มีคะแนนผลกระทบ กับ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ = 3 คะแนน

มีคะแนนผลกระทบ กับ ผลที่ได้รวม = 7 คะแนน

ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบมีค่าคะแนน = 9 คะแนน

ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ มีค่าคะแนน = 7 คะแนน

และผลที่ได้รวม มีค่าคะแนน = 5 คะแนน

ดังนั้นคะแนนรวมผลกระทบของ ปัจจัยความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย จะมีค่าเท่ากับ (9 x 9) + (3 x 7) + (7x 5) = 137 คะแนน

ตารางที่ 4.2 ตารางเหตุและผล

ตารางเหตุและผล

ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวฉันขอบ

ปัจจัยในกระบวนการ	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่วิกฤต			
	9	7	5	
	ผลกระทบที่เกิดจากการเคลือบงาน	ผลกระทบที่เกิดจากการอบงาน	ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งาน	ผลรวมของคะแนนในคุณลักษณะ
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า	9	9	9	189
เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า	9	9	9	189
แรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน	9	9	9	189
อุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบงาน	9	9	9	189
แผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน	9	7	7	165
การห่อพลาสติกวัตถุดิบ	9	3	7	137
ความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย	9	3	7	137
ความชื้นในห้องคลังพัสดุ	9	3	7	137
ความชื้นในห้องคลังพัสดุย่อย	9	3	7	137
ความชื้นในห้องติดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น	9	3	7	137
ความชื้นในห้องอบงานล่วงหน้า	9	3	7	137
ความชื้นในห้องเคลือบแบบหลายแผ่น	9	3	7	137
เวลาคอยก่อนการเคลือบงาน	3	7	7	111
อุณหภูมิในการเคลือบงานเบื้องต้น	3	7	3	91
แรงกดในการเคลือบงานเบื้องต้น	3	7	3	91
เวลาในการเคลือบงานเบื้องต้น	3	7	3	91
เวลาคอยก่อนการอบงานล่วงหน้า	3	3	7	83
การตรวจงานของการทดสอบฟิล์ม	3	3	7	83
การอบรมพนักงานติดฟิล์ม	3	3	3	63
การอบรมพนักงานอบงานล่วงหน้า	3	3	3	63
การอบรมพนักงานเคลือบแบบหลายแผ่น	3	3	3	63
สภาพการไหลของน้ำมันร้อน	3	3	3	63
สภาพอุปกรณ์สำหรับใส่งานที่ใช้ในการเคลือบงาน	3	3	3	63
การบรรจุวัตถุดิบลงกล่อง	3	3	3	63
อุณหภูมิที่ใช้ในการติดฟิล์ม	3	3	3	63
เวลาที่ใช้ในการติดฟิล์ม	3	3	3	63
ตำแหน่งวางงานในตู้อบงานล่วงหน้า	3	3	3	63
ระดับการเปิดท่อระบายแก๊สของตู้อบงานล่วงหน้า	3	3	3	63
การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเคลือบงาน	3	3	3	63
วิธีการวัดกาวฉันขอบของการทดสอบฟิล์ม	3	3	3	63
อุณหภูมิในห้องคลังพัสดุ	3	3	3	63
อุณหภูมิในห้องคลังพัสดุย่อย	3	3	3	63
อุณหภูมิในห้องติดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น	3	3	3	63
อุณหภูมิในห้องอบงานล่วงหน้า	3	3	3	63
อุณหภูมิในห้องเคลือบแบบหลายแผ่น	3	3	3	63
วิธีการวัดค่าทนแรงดึงของการทดสอบฟิล์ม	1	3	3	45
การอบรมพนักงานคลังพัสดุ	1	1	1	21
การสอบวัดผลพนักงานคลังพัสดุ	1	1	1	21
การอบรมพนักงานคลังพัสดุย่อย	1	1	1	21
การสอบวัดผลพนักงานคลังพัสดุย่อย	1	1	1	21
การสอบวัดผลพนักงานติดฟิล์ม	1	1	1	21
การสอบวัดผลพนักงานอบงานล่วงหน้า	1	1	1	21
การสอบวัดผลพนักงานเคลือบแบบหลายแผ่น	1	1	1	21
สภาพลวดความร้อนของตู้อบงานล่วงหน้า	1	1	1	21
สภาพลวดความร้อนของเครื่องเคลือบแบบหลายแผ่น	1	1	1	21
การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องติดฟิล์ม	1	1	1	21
การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอบงานล่วงหน้า	1	1	1	21
ค่าคะแนนรวมทั้งหมด				3777

หลังจากนั้นจึงทำการพิจารณาเลือกปัจจัยที่มีคะแนนสูงกว่าปัจจัยอื่นหรือมีผลกระทบมากกว่าปัจจัยอื่น เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งผลจากการพิจารณาทำให้ได้ปัจจัยที่มีค่าคะแนนรวมสูงมารวมทั้งหมด 12 ปัจจัย ประกอบไปด้วย

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า
2. เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า
3. แรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบงาน
5. แผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน
6. การห่อพลาสติกวัตถุดิบ
7. ความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย
8. ความชื้นในห้องคลังพัสดุ
9. ความชื้นในห้องคลังพัสดุย่อย
10. ความชื้นในห้องติดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น
11. ความชื้นในห้องอบงานล่วงหน้า
12. ความชื้นในห้องเคลือบแบบหลายแผ่น

4.2.5. สร้างตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure mode and effect analysis: FMEA)

ใช้ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อคัดกรองปัจจัยที่ได้มาจากการใช้ตารางเหตุและผลให้เหลือจำนวนปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดจริงๆ เพราะถ้านำปัจจัยทั้งหมดไปทำการออกแบบการทดลองแล้ว แม้ว่าจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบสัดส่วนแฟคทอเรียล (2^{k-p} Fractional factorial design) ได้ก็ตาม แต่ก็ถือว่ายังมีจำนวนปัจจัยมากเกินไปที่จะนำไปทำการทดลอง เพราะจำนวนปัจจัยยิ่งมีมากเท่าไหร่ การควบคุมการทดลองและการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้สนใจศึกษา เพื่อไม่ให้มีผลต่อการทดลองก็จะทำได้ยากตามไปด้วย อีกทั้งการออกแบบการทดลองบางวิธีก็อาจจะทำให้ได้ผลการทดลองที่มีปัจจัยร่วม (Confound factor) รวมอยู่ด้วย ซึ่งหากเกิดกรณีแบบนี้ขึ้น ก็จะทำให้สรุปไม่ได้ว่าปัจจัยใดที่มีผลกระทบโดยตรง และจะต้องแก้ไขโดยการทำการทดลองเพิ่มเพื่อแยกปัจจัยร่วมดังกล่าวออกจากกัน จะเห็นว่าปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากรต่าง ๆ ที่จะต้องใช้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งจะทำให้ความสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นอยู่นั้น ไม่ได้ลดลงไปและจะยังคงมีอยู่ต่อเนื่องไปเป็นเวลานาน ในบางปัญหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจมีมูลค่ามากมายมหาศาล เช่นเดียวกัน

กับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบที่เกิดของโรงงานกรณีศึกษา ถ้าทำการปรับปรุงแก้ไขช้าเกินไป ก็จะทำให้สูญเสียผลกำไรจากการผลิตงานจำนวนมาก และเสียโอกาสในการแย่งชิงส่วนแบ่งทางการตลาดในธุรกิจนี้ไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การสร้างตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบนั้น จะมีวิธีการทำการสร้างโดยเริ่มจากการทำการระบุ แนวโน้มรูปแบบของการเกิดข้อบกพร่อง (Potential failure mode), แนวโน้มผลกระทบจากข้อบกพร่อง (Potential failure effects), การโหวตให้คะแนนความรุนแรงของปัญหา (Severity) โดยคะแนนที่ให้จะมีค่าตั้งแต่ 1 คือ ไม่มีความรุนแรง จนถึง 9 คือ มีความรุนแรงที่สุด, แนวโน้มสาเหตุของปัญหา (Potential Causes), การโหวตให้คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา (Occurrence) โดยคะแนนที่ให้จะมีค่าตั้งแต่ 1 คือ ไม่เคยเกิดขึ้นเลย จนถึง 9 คือ เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา, การควบคุมในปัจจุบัน (Current Controls), การโหวตให้คะแนนความสามารถในการตรวจพบปัญหา (Detection) โดยคะแนนที่ให้จะมีค่าตั้งแต่ 1 คือ สามารถตรวจพบได้ทุกครั้งที่มีการเกิดปัญหา จนถึง 9 คือ ไม่สามารถตรวจพบได้เลย แล้วจึงนำเอาค่าคะแนน ความรุนแรงของปัญหา, ความถี่ในการเกิดปัญหา และ การควบคุมในปัจจุบัน ที่ได้มาคูณกัน ซึ่งผลที่ได้จะเป็นค่าคะแนนลำดับความเสี่ยง (Risk priority number) ของการเกิดปัญหา หรือการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องนั่นเอง จากนั้นจึงทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาที่จะต้องทำการแก้ไข โดยปัญหาที่มีค่าคะแนนลำดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหามากที่สุดจะถูกนำไปทำการแก้ไขก่อน แล้วจึงทำการแก้ไขปัญหาที่มีค่าคะแนนลำดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาลำดับรองลงมา ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบให้เหลือน้อยที่สุดและเร็วที่สุดนั่นเอง

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของปัญหา (Severity), คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา (Occurrence) และ คะแนนการตรวจพบปัญหา (Detection) ที่ใช้ในการค้นคว้าแบบอิสระนี้ มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การให้คะแนนความถี่ในการเกิดปัญหา (Mosaica, 2007)

OCCURRENCE How often will the cause occur?			
Ranking	**Cpk**	**Frequency**	**Average Failure Rate**
1	>2.0	0	Hasn't been known to occur or once per year
3	1.50 - 1.99	0 - 1%	Once every three months
5	1.00 - 1.49	1 - 5%	Once per month
7	.67 - .99	5 - 25%	Once per week
9	< .67	> 25%	Once per day or more

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์การให้คะแนนการตรวจพบปัญหา (Mosaica, 2007)

DETECTION Will the CAUSE or EFFECT be detected?	
Ranking	**Detection from current process control**
1	Very High or >= 99%
3	High or 90 - 98%
5	Moderate or 75 - 89%
7	Low or 50 - 75%
9	Very Low or < 50%

ส่วนวิธีการคำนวณและการรวมคะแนนลำดับความเสี่ยงของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้

1. ถ้าให้คะแนนความรุนแรงของ KPIV ปัจจัยที่ 1 = A
2. ถ้าให้คะแนนความถี่ที่เกิดของ KPIV ปัจจัยที่ 1 = B
3. ถ้าให้คะแนนคะแนนการตรวจพบของ KPIV ปัจจัยที่ 1 = C

ดังนั้นคะแนนลำดับความเสี่ยงของ KPIV ปัจจัยที่ 1 จะสามารถคำนวณหาได้จากสูตรดังนี้

คะแนนลำดับความเสี่ยงของ KPIV ปัจจัยที่ 1 = A x B x C

และวิธีการคำนวณและการรวมคะแนนลำดับความเสี่ยงของ KPIV ปัจจัยอื่น ๆ ถัดไป ก็จะใช้วิธีเดียวกัน จะเปลี่ยนแค่คะแนนผลกระทบ KPIV ในข้อ 1 - 3 จากปัจจัยที่ 1 เป็น 2, 3, … , และอื่น ๆ ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกปัจจัย

สำหรับการค้นคว้าแบบอิสระนี้ เมื่อนำเอาปัจจัยที่ได้มาจากขั้นตอนที่แล้วทั้งหมด 12 ปัจจัย มาทำการสร้างตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ลำดับ	กระบวนการ	ปัจจัยทางด้านขาเข้าที่สำคัญ	แนวโน้มรูปแบบของการเกิดข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรง	แนวโน้มสาเหตุของปัญหา	ความถี่ที่เกิด	การควบคุมในปัจจุบัน	การตรวจพบ	คะแนนลำดับความเสี่ยง	ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา	ความรุนแรง	ความถี่ที่เกิด	การตรวจพบ	คะแนนลำดับความเสี่ยง
1	อบงานล่วงหน้า	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า	อุณหภูมิที่ใช้ไม่เหมาะสม	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	อุณหภูมิที่ใช้สูงหรือต่ำเกินไปเนื่องจากมีการกำหนดค่าไว้ตายตัว	9	เอกสาร PR12302 Product recipes for biglam lamination	3	270	ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากข้อจำกัดในการผลิตงานจำนวนมาก (Mass productionย	10	9	3	270
2	อบงานล่วงหน้า	เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า	เวลาที่ใช้ไม่เหมาะสม	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	เวลาที่ใช้มากหรือน้อยเกินไปซึ่งอาจจะเกิดจากการกำหนดค่าไม่ถูกต้อง	9	เอกสาร PBCP12302 Process block control plan for multi panel lamination	3	270	นำไปทำการทดลองหาค่าที่เหมาะสม	10	9	3	270
3	เคลือบแบบหลายแผ่น	แรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน	แรงกดที่ใช้ไม่เหมาะสม	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	แรงดันที่ใช้มากหรือน้อยเกินไปซึ่งอาจจะเกิดจากการกำหนดค่าไม่ถูกต้อง	9	เอกสาร PR12302 Product recipes for biglam lamination	3	270	นำไปทำการทดลองหาค่าที่เหมาะสม	10	9	3	270
4	เคลือบแบบหลายแผ่น	อุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบงาน	อุณหภูมิที่ใช้ไม่เหมาะสม	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	อุณหภูมิที่ใช้สูงหรือต่ำเกินไปเนื่องจากมีการกำหนดค่าไว้ตายตัว	9	เอกสาร PBCP12302 Process block control plan for multi panel lamination	3	270	ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากข้อจำกัดในการผลิตงานจำนวนมาก (Mass productionย	10	9	3	270
5	เคลือบแบบหลายแผ่น	แผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน	ใช้แผ่นฟิล์มลอกไม่เหมาะสม	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	ใช้แผ่นฟิล์มลอกไม่ตรงกับลักษณะของผลิตภัณฑ์	9	เอกสาร PR12302 Product recipes for biglam lamination	3	270	นำไปทำการทดลองหาค่าที่เหมาะสม	10	9	3	270
6	คลังพัสดุ	การห่อพลาสติกวัตถุดิบ	ห่องานโดยไม่ใส่สารกันชื้น	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	9	เอกสาร JA8605 Coverfilm and kapton packing	3	270	กำหนดให้มีการใส่สารกันชื้น (Silica gel) กับการบรรจุวัตถุดิบทุกถุง	10	3	3	90
7	คลังพัสดุย่อย	ความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Visual aid for coverfilm ly up mini	7	210	นำตู้ควบคุมความชื้นแบบใหม่ที่สามารถควบคุมความชื้นได้ไม่เกิน 5%RH มาใช้แทนตู้แบบเดิมที่ควบคุมได้ 20 %RH	10	1	7	70
8	คลังพัสดุ	ความชื้นในห้องคลังพัสดุ	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Environment control procedure.	7	210	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จากวันละ 1 ครั้งเป็น กะละ 1 ครั้ง	10	1	7	70
9	คลังพัสดุย่อย	ความชื้นในห้องคลังพัสดุย่อย	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Environment control procedure.	7	210	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จากวันละ 1 ครั้งเป็น กะละ 1 ครั้ง	10	1	7	70
10	ตัดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น	ความชื้นในห้องตัดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Environment control procedure.	7	210	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จากวันละ 1 ครั้งเป็น กะละ 1 ครั้ง	10	1	7	70
11	อบงานล่วงหน้า	ความชื้นในห้องอบงานล่วงหน้า	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Environment control procedure.	7	210	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จากวันละ 1 ครั้งเป็น กะละ 1 ครั้ง	10	1	7	70
12	เคลือบแบบหลายแผ่น	ความชื้นในห้องเคลือบแบบหลายแผ่น	ความชื้นสูงเกินไป	ของเส้นกาวล้นขอบ	10	การของฟิล์มดูดซึมความชื้นจนมีค่าสูงเกินไป	3	เอกสาร JA12004 Environment control procedure.	7	210	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จากวันละ 1 ครั้งเป็น กะละ 1 ครั้ง	10	1	7	70

จะเห็นว่าผลที่ได้จากการทำตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ จะทำให้ได้ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดมาจำนวน 3 ปัจจัย เพื่อนำไปทำการออกแบบการทดลองในขั้นตอนต่อไป คือ

1. เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า
2. แรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน
3. แผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน

โดยมีปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดจำนวน 2 ปัจจัยที่ไม่สามารถนำไปทำการทดลองได้อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของการออกกระบวนการและความสามารถในการผลิตงานที่จะต้องทำการผลิตให้ได้ในปริมาณมาก (Mass production) ของกระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่นเอง ทำให้ต้องตั้งค่าของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยไว้แบบตายตัว คือ

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า
2. อุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบงาน

และนอกจากนี้ยังมีอีก 7 ปัจจัยที่ต้องนำไปทำการแก้โดยทันที่เพื่อลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิตให้มีค่าน้อยลง คือ

1. การห่อพลาสติกวัตถุดิบ
2. ความชื้นในตู้แห้งที่คลังพัสดุย่อย
3. ความชื้นในห้องคลังพัสดุ
4. ความชื้นในห้องคลังพัสดุย่อย
5. ความชื้นในห้องติดฟิล์มและตัดงานเป็นแผ่น
6. ความชื้นในห้องอบงานล่วงหน้า
7. ความชื้นในห้องเคลือบแบบหลายแผ่น

สำหรับตัวอย่างการคำนวณและการรวมคะแนนลำดับความเสี่ยงของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ จากตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า

มีค่าคะแนนความรุนแรง = 10 คะแนน

มีค่าคะแนนความถี่ที่เกิด = 9 คะแนน

และมีค่าคะแนนการตรวจพบ = 3 คะแนน

ดังนั้นคะแนนลำดับความเสี่ยงของปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้าจะมีค่าเท่ากับ 10 x 9 x 3 = 270 คะแนน

4.2.6. การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis)

เนื่องจากระบบการวัดที่ใช้นั้นเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ซึ่งทำโดยใช้พนักงานตรวจสอบคุณภาพโดยทำการตรวจด้วยตาเปล่า ผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 10 เท่า ดังนั้นจะต้องทำการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและการให้ผลซ้ำของระบบการวัด แบบข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งจะต้องมีการเตรียมการทดสอบโดยการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ดี และผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบมาอย่างละ 10 ตัวอย่าง รวม 20 ตัวอย่าง จากนั้นจึงให้พนักงานที่ทำการตรวจสอบงานทั้ง 2 กะ คือ กะ A และ กะ B จำนวนกะละ 4 คน มาทำการตรวจงานดังกล่าวคนละ 2 ครั้ง โดยในการตรวจงานของแต่ละคนในแต่ละครั้งนั้นจะทำการสลับตัวงานที่ใช้ทำการทดส่อบเพื่อป้องกันการจดจำตัวอย่างหรือการลอกคำตอบกัน ผลการทดสอบที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6 - 4.7

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของพนักงานกะ A

Product:	CNN 3XX							
Set # :	1							
Code :	13							
Total Insp. :	8	Group :	First					
Trainer :	Peerapon & Kanjar	Shift:	A					

Sample No.	Key	EN Insp.:1 311060		EN Insp.:3 316232		EN Insp6.: 316342		EN Insp.:8 316472	
		1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd
1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	N	N	N	N	N	N	N	N	N
9	N	N	N	N	N	N	N	N	N
10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
12	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	N	N	N	N	N	N	N	N	N
14	N	N	N	N	N	N	N	N	N
15	N	N	N	N	N	N	N	N	N
16	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
17	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
19	N	N	N	N	N	N	N	N	N
20	N	N	N	N	N	N	N	N	N

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของพนักงานกะ B

Product:	CNN 3XX							
Set # :	1							
Code :	13							
Total Insp. :	8	Group :	First					
Trainer :	Phimphat W	Shift:	B					

Sample No.	Key	EN Insp.:1 310712		EN Insp.:4 304343		EN Insp.:7 312466		EN Insp.:8 315763	
		1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd
1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	N	N	N	N	N	N	N	N	N
9	N	N	N	N	N	N	N	N	N
10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
12	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	N	N	N	N	N	N	N	N	N
14	N	N	N	N	N	N	N	N	N
15	N	N	N	N	N	N	N	N	N
16	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
17	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
19	N	N	N	N	N	N	N	N	N
20	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Attribute Agreement Analysis
Date of study: Aug '07 Reported by: P. Aoonchan
Name of product: CIIII307 Misc: GR&R SQ out defect (Code13) 2nd testing

Within Appraisers
Assessment Agreement

Appraiser	#Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
1	20	20	100.00	(86.09,100.00)
2	20	20	100.00	(86.09,100.00)
3	20	20	100.00	(86.09,100.00)
4	20	20	100.00	(86.09,100.00)
5	20	20	100.00	(86.09,100.00)
6	20	20	100.00	(86.09,100.00)
7	20	20	100.00	(86.09,100.00)
8	20	20	100.00	(86.09,100.00)

#Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard
Assessment Agreement

Appraiser	#Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
1	20	20	100.00	(86.09,100.00)
2	20	20	100.00	(86.09,100.00)
3	20	20	100.00	(86.09,100.00)
4	20	20	100.00	(86.09,100.00)
5	20	20	100.00	(86.09,100.00)
6	20	20	100.00	(86.09,100.00)
7	20	20	100.00	(86.09,100.00)
8	20	20	100.00	(86.09,100.00)

#Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Between Appraisers
Assessment Agreement

#Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
20	20	100.00	(86.09,100.00)

#Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

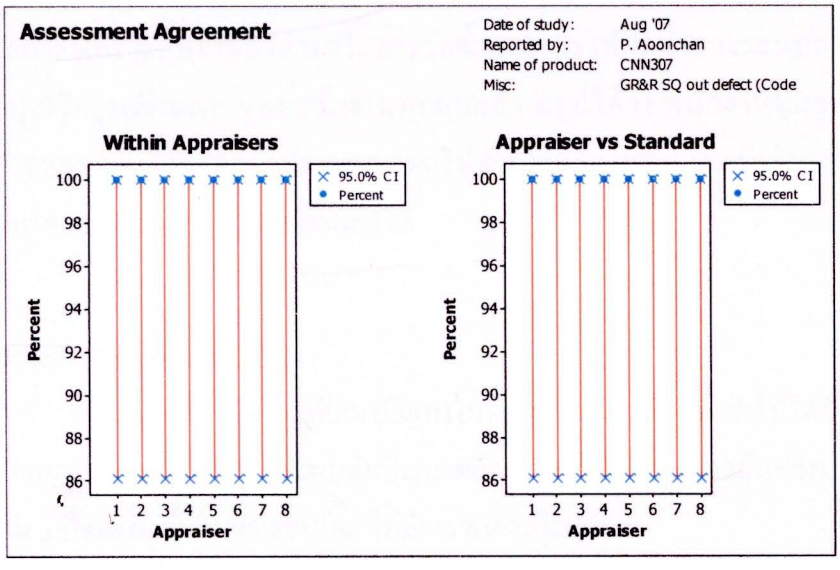
All Appraisers vs Standard
Assessment Agreement

#Inspected	#Matched	Percent	95 % CI
20	20	100.00	(86.09,100.00)

#Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Attribute Agreement Analysis

รูปที่ 4.13 ผลการที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมมินิแท็บ



รูปที่ 4.14 กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมมินิแท็บ

หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแท็บซึ่งปรากฏผลว่าพนักงานแต่ละคนสามารถตรวจสอบตัวอย่างงานที่เตรียมมาทดสอบได้อย่างถูกต้องทุกคน ซึ่งจะเห็นว่าค่าคะแนนความถูกต้องของการตรวจงานสอบซ้ำ (Within appraiser assessment agreement) ของแต่ละคนมีค่าเท่ากับ 100% ทั้ง 8 คน ค่าคะแนนความถูกต้องของการตรวจสอบงานเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานหรือคำตอบ (Each appraiser assessment agreement) ของแต่ละคนมีค่าเท่ากับ 100% ทั้ง 8 คนเช่นเดียวกัน และมีค่าคะแนนความถูกต้องระหว่างพนักงานด้วยกัน (Between appraiser assessment agreement) เท่ากับ 100% และสุดท้าย ค่าคะแนนความถูกต้องของพนักงานทุกคนเทียบกับค่ามาตรฐานหรือคำตอบ (All appraiser vs standard assessment agreement) เท่ากับ 100% ดังรูปที่ 4.13 และกราฟในรูป 4.14 เป็นการแสดงความถูกต้องของการตรวจงานสอบซ้ำ (Within appraiser assessment agreement) และค่าคะแนนความถูกต้องของการตรวจสอบงานเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานหรือคำตอบ (Each appraiser assessment agreement) โดยการเปรียบเทียบให้เห็นผลการทดสอบของพนักงานแต่ละคน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบนั้นสามารถตัดสินได้ไม่ยาก เนื่องจากกาวที่ล้นขอบออกมานั้นจะเป็นแบบกาวล้นขอบออกมาที่บริเวณตรงกลางของส่วนที่เป็นจุดเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าที่เป็นทองแดงซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนนั่นเอง

จากการการศึกษาระบบการวัด หรือการตัดสินผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและการให้ผลซ้ำของระบบการวัดแบบข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ของพนักงานทุกคนแล้ว สรุปได้ว่า พนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบงานได้อย่างถูกต้อง สามารถไปทำการตรวจสอบและตัดสินผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ ในสายการผลิตได้

4.3 ระยะวิเคราะห์ (Analyze Phase)

เนื่องจากเมื่อได้ทำการศึกษาปัญหาในระยะการวัดเสร็จสิ้น ทำให้ได้ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อปัญหาผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบโดยตรงมาจำนวน 3 ปัจจัย ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะไม่มีการทำการวิเคราะห์

4.4 ระยะปรับปรุง (Improve Phase)

4.4.1. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ ที่ผ่านการพิจารณาคัดกรองมาจากตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในขั้นตอนที่แล้ว มาทำการออกแบบการทดลอง โดยการพิจารณาเลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมกับจำนวนปัจจัยที่จะทำการออกแบบการทดลอง จำนวนการทดลองที่เหมาะสมที่สามารถทำได้โดยไม่ใช้เวลาหรือทรัพยากรในการทำมากเกินไปนัก และรูปแบบการทดลองที่เลือกควรให้ผลที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์ สามารถนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อจนสามารถหาสมการถดถอยที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการได้โดยไม่ต้องทำการทดลองเพิ่มเติมอีกดังต่อไปนี้

1. การเลือกการออกแบบการทดลอง

เนื่องจากจำนวนปัจจัยที่จะออกแบบการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 3 ปัจจัย ถือว่าไม่มากนัก ดังนั้นจึงเลือกใช้การออกแบบการทดลองแบบ เชิงแฟคทอเรียลเต็มจำนวน (Full factorial design 2^k) 3 ปัจจัย มีจุดกึ่งกลาง 3 จุด และทำซ้ำ 2 ครั้ง (2^3 Full factorial design, 3 Center point, 2 Replicate) ซึ่งจะทำให้มีจำนวนการทดลองทั้งสิ้น 22 การทดลอง อยู่ในขอบเขตที่ไม่มากเกินไปสามารถทำการทดลองได้ และจะทำให้สามารถหาค่า ผลกระทบหลัก (Main effect), การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง (2-Way interactions), การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทาง (3-Way interactions) และอื่นๆได้ทั้งหมด

2. การกำหนดค่า และขอบเขตของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อเลือกการออกแบบการทดลองแล้ว ถัดมาคือการกำหนดค่าระดับสูง ค่าระดับต่ำ และค่าระดับกลางของปัจจัยที่จะทำการทดลองทั้ง 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า, ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน และปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน ให้ครอบคลุมช่วงที่สามารถปรับค่าได้ให้มากที่สุดและมีความเหมาะสมที่สุด โดยการศึกษาค่าของปัจจัยที่ใช้กับการผลิต ผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ในปัจจุบัน และค่าของปัจจัยที่ใช้กับการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

ผลจากการศึกษาพบว่า ปัจจัยทั้ง 3 นั้น ประกอบไปด้วยปัจจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถกำหนดค่าเป็นตัวเลข ค่าสูง ค่าต่ำ และค่ากลางได้ จำนวน 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า และปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน และปัจจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งมีค่าเฉพาะตัว (Attribute) ไม่สามารถกำหนดเป็นค่าสูง ค่าต่ำ และค่ากลางได้ คือ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน ดังนั้นจึงทำการพิจารณาเพื่อกำหนดค่าของปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า

  เนื่องจากการอบงานล่วงหน้านั้น เป็นการเตรียมความพร้อมให้กับกาวที่เคลือบอยู่บนฟิล์ม เพื่อให้กาวนั้นเริ่มเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเล็กน้อยอย่างพอเหมาะ ไม่แข็งหรือไม่เหลวเกินไป และไม่ไหลมากหรือไหลน้อยเกินเวลานำไปทำการเคลือบในกระบวนการถัดไป ส่วนพารามิเตอร์ของการอบงานล่วงหน้านั้นมีทั้งหมด 2 ปัจจัยด้วยกันคือ ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า ซึ่งถูกกำหนดค่าไว้ตายตัวที่ 225 °F เนื่องจากเหตุผลของความต้องการให้กระบวนการผลิตนี้มีความอ่อนตัว (Flexibility) สูง และความต้องการที่จะบริหารความจุ หรือ ความสามารถในการผลิตงาน (Capacity) ของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถรองรับการผลิตงานได้หลายผลิตภัณฑ์ในเวลาเดียวกันและทำการผลิตได้ในปริมาณมากที่สุด ส่วนอีกปัจจัยหนึ่งคือ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า ที่จะทำการศึกษา จะเป็นปัจจัยที่ปรับค่าได้เพียงปัจจัยเดียว โดยการพิจารณาจากชนิดและสภาพของกาวที่จะทำการอบ ซึ่งในการผลิตงานทั่ว ๆ ไป

จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 นาที ถึง 40 นาที ทั้งนี้หากใช้เวลาในการอบน้อยเกินไป จะทำให้กาวมีการไหลมากขณะที่ทำการเคลือบ และเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบได้ และหากใช้เวลามากเกินไป จะทำให้กาวมีการไหลน้อยขณะที่ทำการเคลือบ และเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศได้

ดังนั้นจึงกำหนดค่า ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า ให้มีค่าที่ระดับต่ำเท่ากับ 0 นาที มีค่าที่ระดับสูงเท่ากับ 40 นาที และมีค่าที่ระดับกลางเท่ากับ 20 นาที ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.8

- ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน

กระบวนการการเคลือบงานที่ทำโดยใช้เครื่องเคลือบงานแบบหลายแผ่นนั้น จะเป็นการอบเคลือบงานด้วยความร้อนสูง เพื่อทำให้กาวเกิดการยึดติดกับฟิล์มและแผงวงจรชนิดอ่อนแบบถาวร ซึ่งในการทำนั้นจะใช้พารามิเตอร์รวมทั้งหมด 3 ปัจจัยคือ ปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบงาน จะถูกกำหนดค่าไว้ตายตัวที่ 375 °F และปัจจัยเวลาที่ใช้ในการเคลือบงาน จะถูกกำหนดค่าไว้ตายตัวที่ 60 นาทีเช่นกัน เนื่องจากเหตุผลของความต้องการให้กระบวนการผลิตนี้มีความอ่อนตัวสูง และความต้องการที่จะบริหารความจุ หรือความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถรองรับการผลิตงานได้หลายผลิตภัณฑ์ในเวลาเดียวกันและทำการผลิตได้ในปริมาณมากที่สุดเช่นเดียวกันกับ กระบวนการอบงานล่วงหน้า ส่วนอีกหนึ่งปัจจัยคือ ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน ที่จะทำการศึกษา จะเป็นปัจจัยที่ปรับค่าได้เพียงปัจจัยเดียว โดยการพิจารณาจากชนิดของฟิล์ม ชนิดของกาว และชนิดของแผงวงจรชนิดอ่อนที่จะทำการเคลือบ ซึ่งในการผลิตงานทั่ว ๆ ไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 370 Klb ถึง 430 Klb และในการผลิตงาน ผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 จะใช้ค่าเท่ากับ 370 Klb

ดังนั้นจึงทำการกำหนดค่า ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน ให้มีค่าที่ระดับต่ำเท่ากับ 310 Klb มีค่าที่ระดับสูงเท่ากับ 430 Klb และมี

ค่าที่ระดับกลางเท่ากับ 370 Klb ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.8

- ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน

ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยหนึ่งในกระบวนการการเคลือบงาน ที่ทำโดยใช้เครื่องเคลือบงานแบบหลายแผ่นเช่นกัน แต่ไม่ได้เป็นปัจจัยที่จะทำให้กาวยึดติดกับฟิล์มและแผงวงจรชนิดอ่อนโดยตรง เหมือนกับปัจจัยที่จะทำการศึกษาและได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ แต่ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้นี้ เป็นปัจจัยที่จะทำให้ตัวผลิตภัณฑ์แต่ละแผ่น ไม่เกิดการยึดติดกันเองหรือยึดติดกับอุปกรณ์สำหรับใส่งานที่ใช้ในการเคลือบงาน รวมทั้งจะเป็นตัวช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์มีการเคลือบที่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น และยังทำหน้าที่ป้องกันกาวที่ไหลในขณะทำการเคลือบงานไม่ให้ไหลออกมาล้นขอบมากเกินไปอีกด้วย สำหรับแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ แบบ Dahlar และแบบ Sekisui ซึ่งเป็นแบบใหม่

ดังนั้นจึงกำหนดให้ แผ่นฟิล์มลอกได้แบบ Dahlar ค่าที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 ในปัจจุบัน เป็นระดับต่ำ และแผ่นฟิล์มลอกได้แบบใหม่ คือ Sekisui เป็นระดับสูง โดยไม่มีระดับกลางหรือจุดกึ่งกลาง ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางการกำหนดค่าและขอบเขตของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	สัญลักษณ์	ระดับในการทดลอง		
		ระดับต่ำ (-)	จุดกึ่งกลาง (Center point)	ระดับสูง (+)
เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า (นาที)	PB	0	20	40
แรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน (Klb)	PS	310	370	430
แผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน (ประเภท)	RF	Dahlar	ไม่มี	Sekisui

3. ทำการออกแบบการทดลองตามแบบที่เลือกเอาไว้ และตามค่าที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ โดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ จะได้การทดลองทั้งหมด 22 การทดลอง ดังตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าโปรแกรมมินิแท็บจะทำการเพิ่มจำนวนจุดกึ่งกลางจากปกติที่กำหนดให้มี 3 จุด เพิ่มขึ้นมาเป็น 6 จุด ทั้งนี้เพราะปัจจัยที่นำมาทำการออกแบบการทดลองนั้น มีปัจจัยที่เป็นปัจจัยเชิงคุณภาพอยู่ 1 ปัจจัย นั่นคือ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน ซึ่งปัจจัยลักษณะนี้จะมีค่าเฉพาะตัวไม่สามารถกำหนดเป็นค่าสูง ค่ากึ่งกลาง หรือค่าต่ำได้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ปัจจัยลักษณะนี้จะไม่มีค่ากึ่งกลางที่แท้จริงสำหรับการออกแบบการทดลอง (No true center to design) ต่างจากปัจจัยเชิงปริมาณตามที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ ดังนั้นในการออกแบบการทดลองใด ๆ หากมีปัจจัยเชิงคุณภาพรวมอยู่กับปัจจัยเชิงปริมาณ โปรแกรมมินิแท็บจะทำการเพิ่มจุดกึ่งกลางขึ้น ตามจำนวนค่าระดับของปัจจัยเชิงคุณภาพนั้น ๆ โดยจะเรียกจุดกึ่งกลางนั้นว่า จุดกึ่งกลางเทียม หรือ จุดกึ่งกลางจำลอง (Pseudo - center point) และจะมีสูตรคำนวณหาจำนวนจุดกึ่งกลางจำลองเป็น 2^Q โดย Q คือ จำนวนจุดกึ่งกลางที่กำหนดไว้ในตอนแรก และหากการออกแบบการทดลองมีการใช้บล็อก โปรแกรมมินิแท็บก็จะเพิ่มจำนวนจุดกึ่งกลางมากขึ้นอีก ตามจำนวนบล็อกที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

ยกตัวอย่างเช่น การออกแบบการทดลองในการค้นคว้าแบบอิสระนี้ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงานมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ คือ แบบ Dahlar และแบบ Sekisui และกำหนดให้มีจุดกึ่งกลาง 3 จุด ดังนั้นโปรแกรมมินิแท็บจึงเพิ่มจำนวนจุดกึ่งกลางขึ้นตามระดับของปัจจัย ทำให้มีจุดกึ่งกลางจำลองรวมทั้งหมด $2^3 = 6$ จุด และทำให้จำนวนการทดลองเพิ่มขึ้นจากปกติ 19 การทดลอง เป็น 22 การทดลอง ดังตารางที่ 4.9

และถ้าหากการออกแบบการทดลองนี้กำหนดให้มีบล็อกเป็นจำนวน 2 บล็อก โปรแกรมมินิแท็บก็จะเพิ่มจำนวนจุดกึ่งกลางจำลองเป็น $(2^3) \times 2$ ซึ่งจะทำให้มีจำนวนจุดกึ่งกลางจำลองรวมทั้งหมด 12 จุด

ตารางที่ 4.9 ตารางผลการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลเต็มจำนวน

ลำดับมาตรฐาน	ลำดับการทดลอง	จุดกึ่งกลาง	บล็อก	PB	PS	RF
4	1	1	1	40	430	Dahlar
2	2	1	1	40	310	Dahlar
21	3	0	1	20	370	Dahlar
14	4	1	1	40	310	Sekisui
12	5	1	1	40	430	Dahlar
10	6	1	1	40	310	Dahlar
13	7	1	1	0	310	Sekisui
3	8	1	1	0	430	Dahlar
6	9	1	1	40	310	Sekisui
22	10	0	1	20	370	Sekisui
15	11	1	1	0	430	Sekisui
16	12	1	1	40	430	Sekisui
20	13	0	1	20	370	Sekisui
8	14	1	1	40	430	Sekisui
5	15	1	1	0	310	Sekisui
18	16	0	1	20	370	Sekisui
7	17	1	1	0	430	Sekisui
19	18	0	1	20	370	Dahlar
17	19	0	1	20	370	Dahlar
9	20	1	1	0	310	Dahlar
11	21	1	1	0	430	Dahlar
1	22	1	1	0	310	Dahlar

4.4.2. การทดลองและเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำการทดลอง ตามลำดับการทดลองและค่าของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้กำหนดเอาไว้จากการออกแบบการทดลอง ซึ่งจะมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 22 การทดลอง ดังตารางที่ 4.9 แล้วทำการเก็บข้อมูลผลการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ เพื่อจะนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

สำหรับการทดลองในแต่ละครั้งนั้น จะต้องทำการพิจารณาปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่อาจจะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบถึงการทดลองได้ ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านั้น ไม่ให้ส่งผลถึงการทดลอง หรือให้ส่งผลถึงการทดลองในระดับที่เท่า ๆ กัน ในทุก ๆ การทดลอง เพื่อให้ผลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องและนำไปใช้ได้จริงให้มากที่สุด ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ แล้วพบว่า มีปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบต่อการทดลอง และจะต้องทำการควบคุมดังต่อไปนี้

- ใช้การพนักงานที่ทำงานในกระบวนการผลิตที่ทดลองเพียงคนเดียว
- ใช้วัตถุดิบจากกลุ่มวัตถุดิบเดียวกัน
- ใช้เครื่องจักรในแต่ละกระบวนการที่ทำการทดลองเป็นเครื่องเดียวกัน
- ใช้พนักงานตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เพียงคนเดียว

หลังจากนั้นจึงทำการทดลอง และเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบของแต่ละการทดลองจนครบทั้ง 22 การทดลอง ซึ่งทำให้ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางข้อมูลผลการทดลอง

ลำดับมาตรฐาน	ลำดับการทดลอง	จุดกึ่งกลาง	บล็อก	PB	PS	RF	เปอร์เซนต์ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ
4	1	1	1	40	430	Dahlar	3.82
2	2	1	1	40	310	Dahlar	2.78
21	3	0	1	20	370	Dahlar	6.60
14	4	1	1	40	310	Sekisui	0.00
12	5	1	1	40	430	Dahlar	4.17
10	6	1	1	40	310	Dahlar	3.47
13	7	1	1	0	310	Sekisui	0.00
3	8	1	1	0	430	Dahlar	29.51
6	9	1	1	40	310	Sekisui	0.00
22	10	0	1	20	370	Sekisui	0.00
15	11	1	1	0	430	Sekisui	1.04
16	12	1	1	40	430	Sekisui	0.00
20	13	0	1	20	370	Sekisui	0.00
8	14	1	1	40	430	Sekisui	0.00
5	15	1	1	0	310	Sekisui	0.00
18	16	0	1	20	370	Sekisui	0.00
7	17	1	1	0	430	Sekisui	0.35
19	18	0	1	20	370	Dahlar	7.64
17	19	0	1	20	370	Dahlar	5.90
9	20	1	1	0	310	Dahlar	19.79
11	21	1	1	0	430	Dahlar	30.56
1	22	1	1	0	310	Dahlar	21.53

4.4.3. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

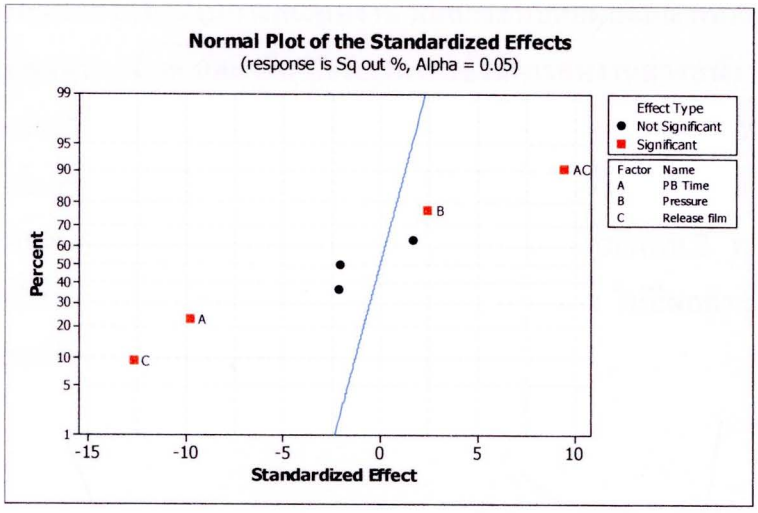
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้มา โดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ เพื่อตรวจสอบดูว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ และมีผลกระทบอย่างไร รวมถึงการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ

เหล่านั้นกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ และแปลงให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ หรือ ที่เรียกว่า สมการถดถอย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โครงสร้างคู่แฝดการทดลอง (Alias structure) ของรูปแบบจำลองจะมีโครงสร้างดังนี้

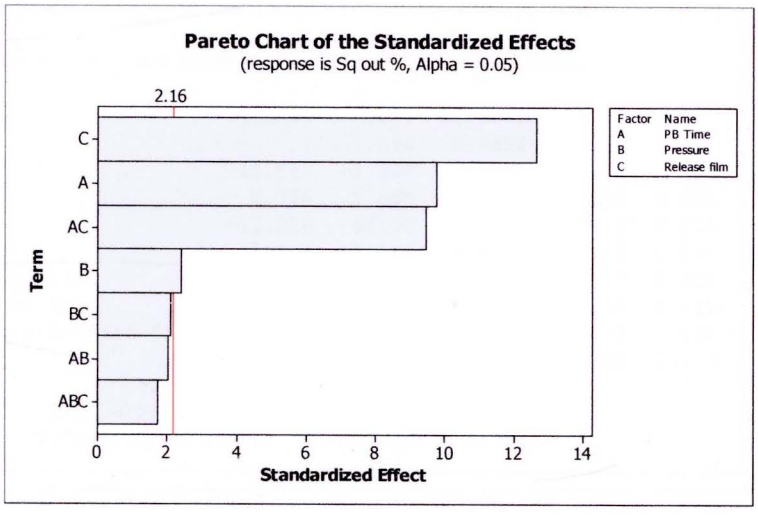
PB Time
Pressure
Release film
PB Time*Pressure
PB Time*Release film
Pressure*Release film
PB Time*Pressure*Release film

2. นำข้อมูลผลการทดลองที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์ผล เพื่อตรวจสอบดูว่ามีปัจจัยใดบ้าง ที่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ จะได้ผลดังรูปที่ 4.15 - 4.17



รูปที่ 4.15 กราฟการแจกแจงแบบปกติของผลกระทบมาตรฐาน

จากกราฟการแจกแจงแบบปกติของผลกระทบมาตรฐานในรูปที่ 4.15 จะเห็นว่า ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง ของปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า กับ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.16 กราฟพาเรโตผลกระทบมาตรฐาน

จากกราฟพาเรโตผลกระทบมาตรฐานในรูปที่ 4.16 จะเห็นว่า ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบมากที่สุด ถัดมาคือ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง ของปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า กับปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน และปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน จะมีผลกระทบในระดับรองลงมา ส่วนการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง ของปัจจัยที่เหลือ และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทาง ไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ

Factorial Fit: Sq out % versus PB Time, Pressure, Release film

Estimated Effects and Coefficients for Sq out % (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		7.314	0.5658	12.93	0.000
PB Time	-11.067	-5.534	0.5658	-9.78	0.000
Pressure	2.735	1.368	0.5658	2.42	0.031
Release film	-12.216	-6.108	0.4825	-12.66	0.000
PB Time*Pressure	-2.300	-1.150	0.5658	-2.03	0.063
PB Time*Release film	10.720	5.360	0.5658	9.47	0.000
Pressure*Release film	-2.388	-1.194	0.5658	-2.11	0.055
PB Time*Pressure*Release film	1.953	0.976	0.5658	1.73	0.108
Ct Pt		-3.957	1.0835	-3.65	0.003

S = 2.26333 PRESS = 250.532
R-Sq = 96.66% R-Sq(pred) = 87.44% R-Sq(adj) = 94.61%

Analysis of Variance for Sq out % (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	1340.70	1340.70	446.899	87.24	0.000
PB Time	1	489.96	489.96	489.958	95.64	0.000
Pressure	1	29.92	29.92	29.921	5.84	0.031
Release film	1	820.82	820.82	820.817	160.23	0.000
2-Way Interactions	3	503.63	503.63	167.878	32.77	0.000
PB Time*Pressure	1	21.16	21.16	21.160	4.13	0.063
PB Time*Release film	1	459.67	459.67	459.674	89.73	0.000
Pressure*Release film	1	22.80	22.80	22.801	4.45	0.055
3-Way Interactions	1	15.25	15.25	15.249	2.98	0.108
PB Time*Pressure*Release film	1	15.25	15.25	15.249	2.98	0.108
Curvature	1	68.33	68.33	68.328	13.34	0.003
Residual Error	13	66.59	66.59	5.123		
Lack of Fit	1	62.46	62.46	62.459	181.24	0.000
Pure Error	12	4.14	4.14	0.345		
Total	21	1994.50				

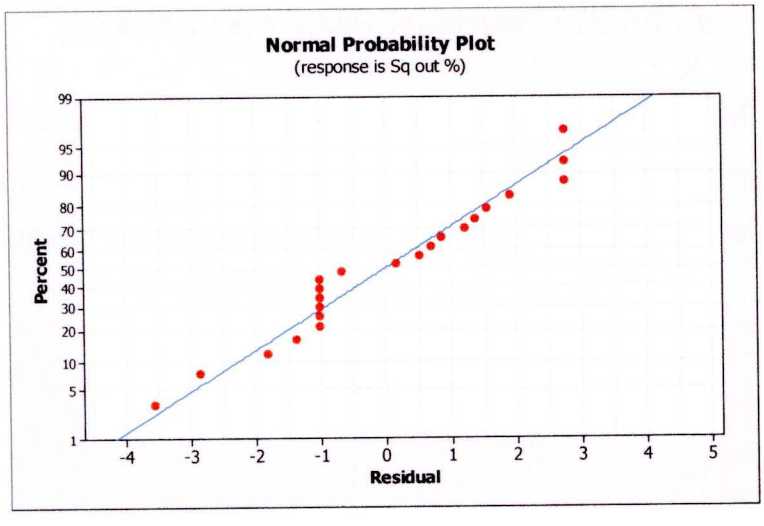
รูปที่ 4.17 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมมินิแท็บ แบบเข้ารหัส

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่า การประมาณค่าผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ แบบเข้ารหัส ที่ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) 95% (α = 0.05) นั้น พบว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) คือ ปัจจัยที่นำมาทำการทดลองทั้ง 3 ปัจจัย และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง ของปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า กับ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

โดยค่าประสิทธิภาพของของรูปแบบจำลองนี้ หรือค่า R-Sq จะมีค่าเท่ากับ 96.66% และค่าประสิทธิภาพของรูปแบบจำลองแบบมีการปรับ หรือ ค่า R-Sq(adj) จะมีค่าเท่ากับ 94.61% ซึ่งถือว่าสูงมาก

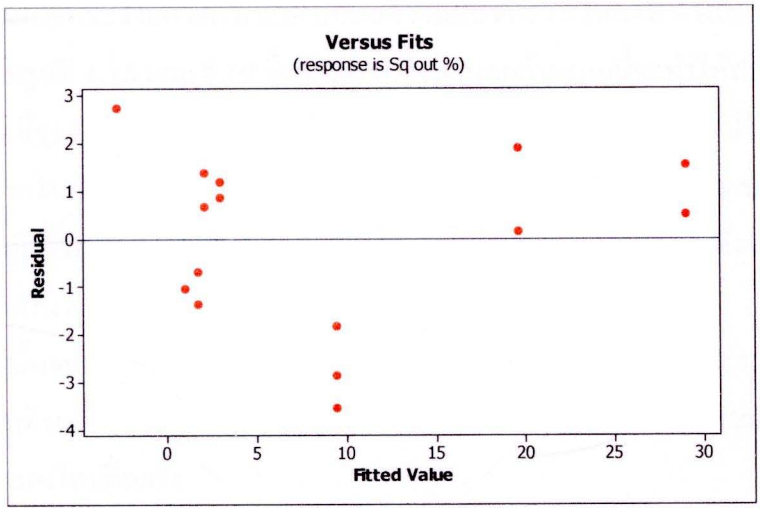
เมื่อตรวจสอบผล การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ แบบเข้ารหัส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) จะพบว่าผลกระทบหลัก และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) ส่วนการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทาง ไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ และค่าความโค้ง (Curvature) ของรูปแบบจำลอง มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) นั่นแสดงว่า ปัจจัยต่าง ๆ ในรูปแบบจำลอง กับ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ จะมีความสัมพันธ์กันแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non linear)

ทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residuals) เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลผลการทดลองว่าปกติหรือไม่ ดังรูปที่ 4.18 - 4.20



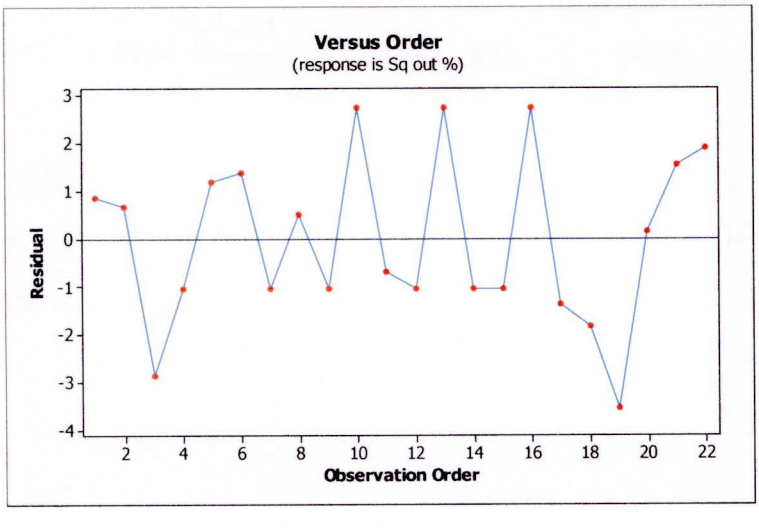
รูปที่ 4.18 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง

การตรวจสอบความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง จากกราฟในรูปที่ 4.18 จะเห็นว่า ส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่ปกติ



รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ของส่วนตกค้างกับค่าทำนาย

เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของส่วนตกค้างกับค่าทำนาย จากกราฟในรูปที่ 4.19 ก็พบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อค่าทำนายมีค่ามากขึ้นการกระจายตัวจะแคบลงเล็กน้อย และมีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วงกลาง



รูปที่ 4.20 กราฟส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง

เมื่อตรวจสอบส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง จากกราฟในรูปที่ 4.20 ก็พบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นกับลำดับการทดลอง

จากผลการตรวจสอบส่วนตกค้างทั้งหมดทำให้สรุปได้ว่า ส่วนตกค้างมีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่ปกติ และมีความแปรปรวนไม่คงที่ ดังแสดงในกราฟในรูปที่ 4.18 และ 4.19 ซึ่งลักษณะของส่วนตกค้างแบบนี้จะทำให้สมการทำนายที่จะทำการสร้างเกิดความผิดพลาด และไม่สามารถจะนำไปใช้ได้ เนื่องจากในการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลนั้น ข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีความแปรปรวนคงที่เท่านั้น จึงจะได้สมการทำนายที่ถูกต้อง

ดังนั้นจะต้องทำการแปลงข้อมูลผลการทดลองให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีความแปรปรวนคงที่เสียก่อน แล้วจึงนำไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองใหม่อีกครั้ง

3. ทำการแปลงข้อมูลผลการทดลองให้ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวปกติ และมีความแปรปรวนคงที่มากขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลได้ โดยใช้วิธีแปลงข้อมูลบ็อคค็อก (Box Cox Transformation) ตามสมการที่ 4.1 (Ricahrd E DeVor, 2007)

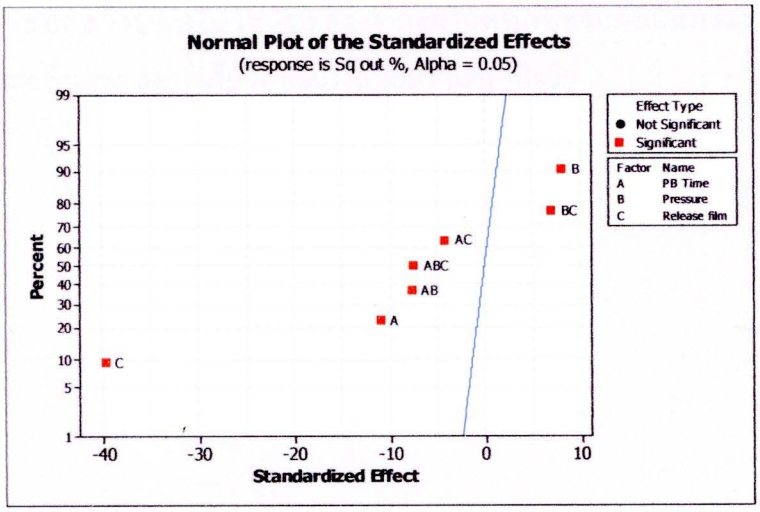
$$Yt = \frac{y^{\lambda} - 1}{\lambda} \qquad ; \text{เมื่อ } \lambda \neq 0 \qquad (4.1)$$

เมื่อใช้โปรแกรมมินิแท็บช่วยในการคำนวณหาค่า แลมดา (λ) ที่เหมาะสมแล้ว จะพบว่าค่าที่เหมาะสม คือ 0.06 ซึ่งเมื่อนำไปแปลงข้อมูลแล้ว จะได้ค่าผลการทดลองใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลผลการทดลองที่ผ่านการแปลงข้อมูลด้วยบ็อคค็อค

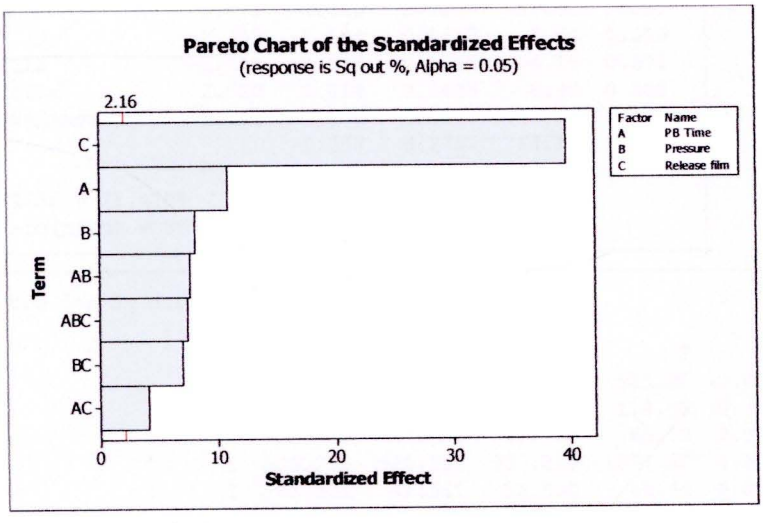
ลำดับมาตรฐาน	ลำดับการทดลอง	จุดกึ่งกลาง	บล็อก	PB	PS	RF	เปอร์เซนต์ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ	ผลที่แปลงข้อมูลด้วยบ็อคค็อค (Yt)
4	1	1	1	40	430	Dahlar	3.8200	1.3403
2	2	1	1	40	310	Dahlar	2.7800	1.0225
21	3	0	1	20	370	Dahlar	6.6000	1.8871
14	4	1	1	40	310	Sekisui	0.0001	-9.2103
12	5	1	1	40	430	Dahlar	4.1700	1.4279
10	6	1	1	40	310	Dahlar	3.4700	1.2442
13	7	1	1	0	310	Sekisui	0.0001	-9.2103
3	8	1	1	0	430	Dahlar	29.5100	3.3847
6	9	1	1	40	310	Sekisui	0.0001	-9.2103
22	10	0	1	20	370	Sekisui	0.0001	-9.2103
15	11	1	1	0	430	Sekisui	1.0400	0.0392
16	12	1	1	40	430	Sekisui	0.0001	-9.2103
20	13	0	1	20	370	Sekisui	0.0001	-9.2103
8	14	1	1	40	430	Sekisui	0.0001	-9.2103
5	15	1	1	0	310	Sekisui	0.0001	-9.2103
18	16	0	1	20	370	Sekisui	0.0001	-9.2103
7	17	1	1	0	430	Sekisui	0.3500	-1.0498
19	18	0	1	20	370	Dahlar	7.6400	2.0334
17	19	0	1	20	370	Dahlar	5.9000	1.7750
9	20	1	1	0	310	Dahlar	19.7900	2.9852
11	21	1	1	0	430	Dahlar	30.5600	3.4197
1	22	1	1	0	310	Dahlar	21.5300	3.0694

4. นำข้อมูลผลการทดลองที่ผ่านการแปลงข้อมูลแล้ว ไปทำการวิเคราะห์ผลใหม่อีกครั้งด้วยโปรแกรมมินิแท็บ เพื่อตรวจสอบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ ได้ผลดังรูปที่ 4.21 - 4.23



รูปที่ 4.21 กราฟการแจกแจงแบบปกติของผลกระทบมาตรฐาน

จากกราฟการแจกแจงแบบปกติของผลกระทบมาตรฐานในรูปที่ 4.21 จะเห็นว่า ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง ของทุกปัจจัยเวลา และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทางของทุกปัจจัย มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.22 กราฟพาเรโตผลกระทบมาตรฐาน

จากกราฟพาเรโตผลกระทบมาตรฐานในรูปที่ 4.22 จะเห็นว่า ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบแบบมีนัยสำคัญมากที่สุด โดยมีค่าสูงกว่าปัจจัยอื่นมาก ส่วนปัจจัยอื่น ๆ จะมีผลกระทบในระดับรอง ๆ ลงมาแต่ทุกปัจจัยก็มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญทุกปัจจัย

Factorial Fit: Sq out % versus PB Time, Pressure, Release film

Estimated Effects and Coefficients for Sq out % (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		-2.399	0.1445	-16.60	0.000
PB Time	-3.154	-1.577	0.1445	-10.91	0.000
Pressure	2.333	1.166	0.1445	8.07	0.000
Release film	-9.772	-4.886	0.1233	-39.64	0.000
PB Time*Pressure	-2.207	-1.104	0.1445	-7.64	0.000
PB Time*Release film	-1.198	-0.599	0.1445	-4.15	0.001
Pressure*Release film	2.020	1.010	0.1445	6.99	0.000
PB Time*Pressure*Release film	-2.145	-1.073	0.1445	-7.42	0.000
Ct Pt		-1.257	0.2767	-4.54	0.001

S = 0.578098 PRESS = 21.4289
R-Sq = 99.34% R-Sq(pred) = 96.74% R-Sq(adj) = 98.93%

Analysis of Variance for Sq out % (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	586.779	586.779	195.593	585.26	0.000
PB Time	1	39.798	39.798	39.798	119.09	0.000
Pressure	1	21.766	21.766	21.766	65.13	0.000
Release film	1	525.215	525.215	525.215	1571.57	0.000
2-Way Interactions	3	41.551	41.551	13.850	41.44	0.000
PB Time*Pressure	1	19.489	19.489	19.489	58.31	0.000
PB Time*Release film	1	5.743	5.743	5.743	17.18	0.001
Pressure*Release film	1	16.319	16.319	16.319	48.83	0.000
3-Way Interactions	1	18.408	18.408	18.408	55.08	0.000
PB Time*Pressure*Release film	1	18.408	18.408	18.408	55.08	0.000
Curvature	1	6.898	6.898	6.898	20.64	0.001
Residual Error	13	4.345	4.345	0.334		
Lack of Fit	1	3.685	3.685	3.685	67.09	0.000
Pure Error	12	0.659	0.659	0.055		
Total	21	657.979				

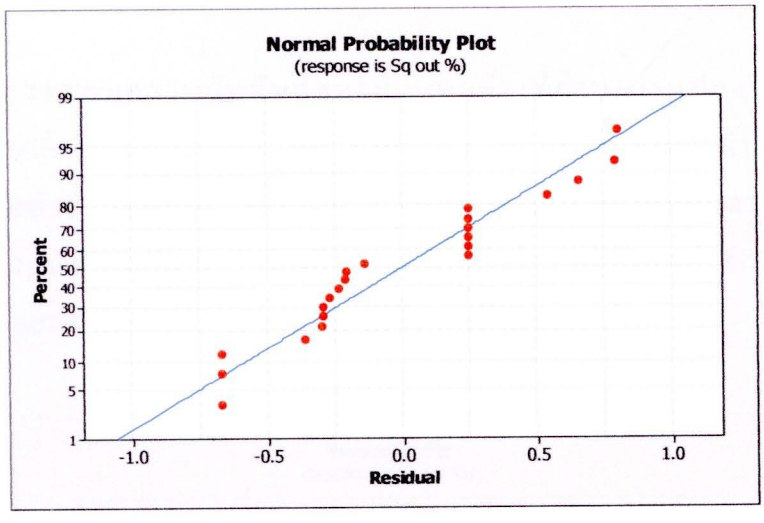
รูปที่ 4.23 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ผ่านการแปลงข้อมูลด้วยบ็อคค็อคโดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ แบบเข้ารหัส

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า การประมาณค่าผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ แบบเข้ารหัส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) พบว่าปัจจัยทุกปัจจัย การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทาง ของทุกปัจจัย มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05)

โดยค่าประสิทธิภาพของของรูปแบบจำลองนี้ หรือค่า R-Sq จะมีค่าเท่ากับ 99.34% และค่าประสิทธิภาพของรูปแบบจำลองแบบมีการปรับ หรือ ค่า R-Sq(adj) จะมีค่าเท่ากับ 98.93% ซึ่งถือว่าสูงมาก

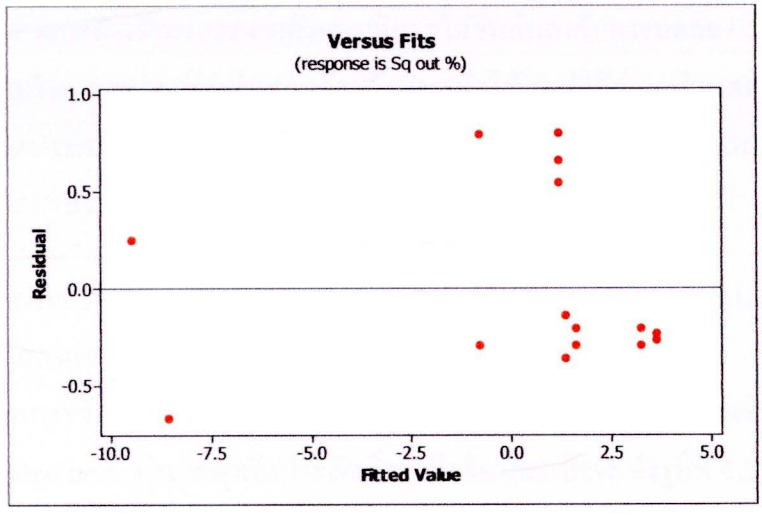
เมื่อตรวจสอบผล การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ แบบเข้ารหัส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) จะพบว่า ผลกระทบหลัก การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 2 ทาง และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมแบบ 3 ทาง มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) รวมทั้งค่าความโค้ง (Curvature) ของรูปแบบจำลอง ก็มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญด้วย (P-value < 0.05) แสดงว่าปัจจัยต่าง ๆ ในรูปแบบจำลอง กับ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ จะมีความสัมพันธ์กันแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non linear)

ทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residuals) เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลผลการทดลองว่าปกติหรือไม่ ดังรูปที่ 4.24 - 4.26



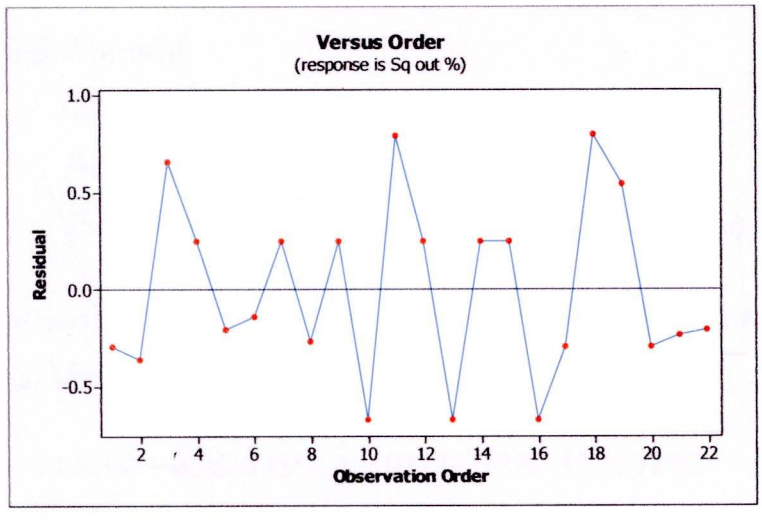
รูปที่ 4.24 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง

การตรวจสอบความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง หลังการแปลงข้อมูลด้วยบ็อคค็อค จากกราฟในรูปที่ 4.24 จะเห็นว่า ส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวในลักษณะที่ดีขึ้น แต่ก็ยังมีการกระจายตัวที่ไม่ปกติอยู่



รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ของส่วนตกค้างกับค่าทำนาย

ตรวจสอบความสัมพันธ์ของส่วนตกค้างที่ผ่านการแปลงข้อมูลด้วยบ็อคค็อคกับค่าทำนาย จากกราฟในรูปที่ 4.25 พบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอมากขึ้น ส่วนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วงกลางนั้นก็ลดลงมาก แต่ก็ยังมีการกระจายตัวไม่คงที่เมื่อค่าทำนายมีค่ามากในบางส่วน กล่าวโดยรวมก็ถือว่ามีการกระจายตัวที่ดีขึ้นกว่าเดิมมาก



รูปที่ 4.26 กราฟส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง

เมื่อตรวจสอบส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง จากกราฟในรูปที่ 4.26 ก็พบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นกับลำดับการทดลอง

เมื่อทำการตรวจสอบส่วนตกค้างทั้งหมดทำให้สรุปได้ว่า ส่วนตกค้างมีรูปแบบการกระจายตัวที่ปกติ และมีความแปรปรวนคงที่มากขึ้น สามารถนำรูปแบบจำลองนี้ไปหาสมการทำนายเพื่อปรับปรุงกระบวนการได้

5. ทำการสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ของแบบจำลองให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เป็นสมการทำนาย หรือสมการถดถอย ได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมมินิแท็บ แบบไม่เข้ารหัส (Uncoded units) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัย ดังรูปที่ 4.27

Estimated Coefficients for Sq out % using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-14.8198
PB Time	0.261433
Pressure	0.0378331
Release film	-17.1292
PB Time*Pressure	-9.19704E-04
PB Time*Release film	0.300767
Pressure*Release film	0.0347089
PB Time*Pressure*Release film	-8.93846E-04
Ct Pt	-1.25726

รูปที่ 4.27 ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัย

และเมื่อกำหนดให้

A = ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้า (PB Time)

B = ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงาน (Pressure)

C = ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงาน (Release film)

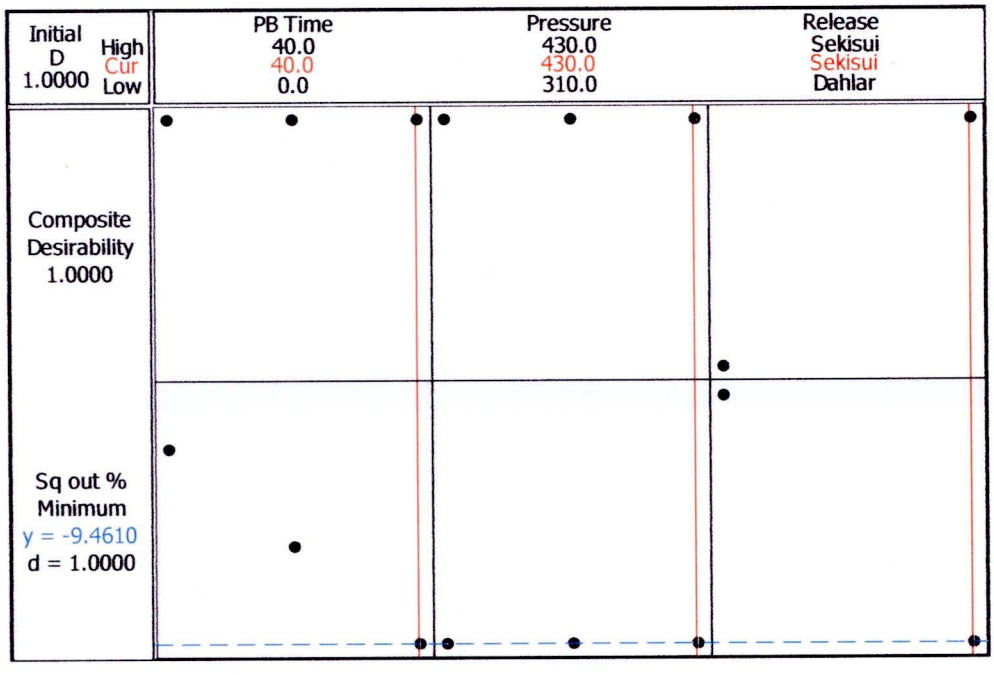
จะสามารถนำเอาค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยทุกปัจจัยมาสร้างเป็น สมการทำนาย y_t ได้ดังสมการที่ 4.2

$$y_t = -14.8198 + 0.261433*A + 0.0378331*B - 17.1292*C \quad (4.2)$$
$$- 9.19704E\text{-}04*A*B + 0.300767*A*C + 0.0347089*B*C$$
$$- 8.93846E\text{-}04*A*B*C - 1.25726$$

4.4.4. การหาค่าที่ดีที่สุด

นำสมการทำนายไปหาค่าที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการใช้ Response optimizer ของโปรแกรมมินิแท็บมาช่วยทำการวิเคราะห์

ซึ่งเมื่อทำการหาค่าที่ดีที่สุด เพื่อให้มีผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบเกิดขึ้นน้อยที่สุดแล้ว จะได้ว่าต้องทำการกำหนดให้ค่า ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้าให้มีค่าเท่ากับ 40 นาที ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงานให้มีค่าเท่ากับ 430 Klb และปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงานจะต้องใช้แบบ Sekisui ซึ่งจะทำให้ได้ค่า Yt เท่ากับ - 9.46098 และเมื่อทำการแปลงค่ากลับมาจากการแปลงค่าบ็อคค็อคแล้ว จะได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบจะมีค่าประมาณ 1.080 % ดังแสดงในรูปที่ 4.28

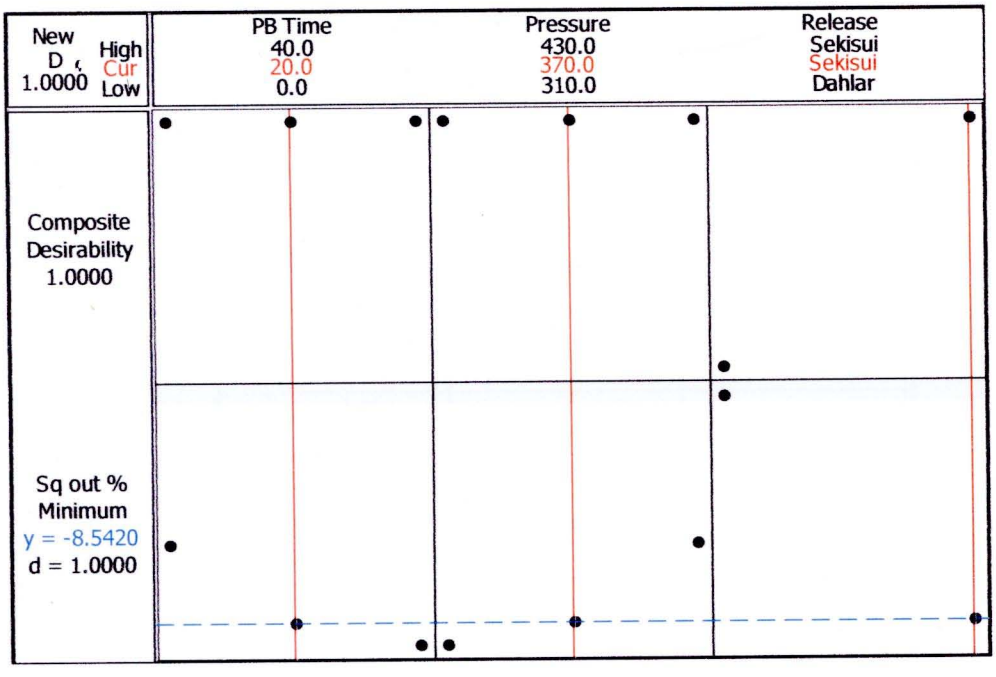


รูปที่ 4.28 การใช้ Response optimizer หาค่าที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย

แต่เมื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งของกระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่นด้วยแล้ว การกำหนดให้ค่าปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้าให้มีค่าเท่ากับ 40 นาทีนั้น จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศสูงมาก เนื่องจากกาวจะเริ่มแห้งและไหลได้น้อยลง ส่วนปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงานถ้าให้มีค่าเท่ากับ 430 Klb ก็จะทำให้

ประสิทธิภาพในการผลิตงานลดลงไปเนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะใช้ค่าเท่ากับ 370 Klb

ดังนั้นจึงทำการพิจารณาการหาค่าที่ดีที่สุดใหม่อีกครั้ง โดยกำหนดให้ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้าให้มีค่าเท่ากับ 20 นาที ปัจจัยแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงานให้มีค่าเท่ากับ 370 Klb และ ปัจจัยแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงานจะต้องใช้แบบ Sekisui ซึ่งจะทำให้ได้ค่า Yt เท่ากับ -8.54197 และเมื่อทำการแปลงค่ากลับมาจากการแปลงค่าบ็อคค็อคแล้ว จะได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบจะมีค่าประมาณ 1.087 %ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับเป้าหมายที่วางเอาไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การหาค่าที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย เมื่อคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องฟองอากาศ

4.4.5. การวัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องประเภทกาวล้นขอบหลังการวิจัย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการ ที่ได้มาจากจากการออกแบบการทดลองไปทดลองทำการผลิตจริง เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบ นั้นลดลงตามผลการทดลองหรือไม่ และสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้หรือไม่ โดยจะทำการเก็บข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ผลปรากฏว่า เมื่อทดลองนำค่าที่ดีที่สุดไปทำการผลิตจริงในสัปดาห์ที่ 6 ถึง สัปดาห์ที่ 9 ก็พบว่าในแต่ละสัปดาห์นั้น จำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบมีปริมาณลดลงอย่างมาก ต่ำกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้ที่ 1% และมีความแปรปรวนของผลที่ได้ในแต่ละสัปดาห์น้อยมาก โดยค่าเฉลี่ยจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึง สัปดาห์ที่ 9 หรือ ในช่วงหลังจากทำการค้นคว้าแบบอิสระเสร็จแล้วมีค่าเท่ากับ 0.51% ลดลงจากค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 5 หรือ ช่วงก่อนทำการค้นคว้าแบบอิสระที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.95% ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลการทดลองผลิตงานจริงหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ช่วงเวลา	สัปดาห์ที่	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	%SQ Out
ก่อนทำการค้นคว้าแบบอิสระ	สัปดาห์ที่ 1	148,528	9.61%
	สัปดาห์ที่ 2	169,681	3.34%
	สัปดาห์ที่ 3	143,374	1.27%
	สัปดาห์ที่ 4	210,522	2.85%
	สัปดาห์ที่ 5	266,265	7.01%
หลังทำการค้นคว้าแบบอิสระ	สัปดาห์ที่ 6	134,272	0.67%
	สัปดาห์ที่ 7	220,365	0.67%
	สัปดาห์ที่ 8	399,479	0.43%
	สัปดาห์ที่ 9	375,813	0.44%
	สัปดาห์ที่ 10		

และจากการที่จำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบลดลงดังกล่าวนั้น พบว่าโรงงานกรณีศึกษาสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปได้ถึง 404,247 บาท ภายในระยะเวลา 9 สัปดาห์ที่ทำการผลิตมา และหากคำนวณจากยอดการผลิตตลอดทั้งปีที่มีแผนการผลิตประมาณสัปดาห์ละ 400,000 ชิ้น ด้วยค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบที่ลดลงเหลือ 0.51% แล้ว ก็จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงไปได้ถึงประมาณ 6 ล้านบาทต่อปี ซึ่งถือว่ามีมูลค่ามหาศาล

ดังนั้นจึงถือว่าผลการทดลองที่ได้นั้นสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้วางเอาไว้ สามารถทำการเพิ่มปริมาณการผลิตให้สูงขึ้นได้ทันต่อความต้องการของลูกค้า โดยมีผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องกาวล้นขอบเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งเป็นการสร้างผลกำไรและส่วนแบ่งทางการตลาด ให้กับโรงงานกรณีศึกษาได้ตามนโยบาย และเป้าหมายของโรงงานด้วย

4.5 ระยะควบคุม (Control phase)

4.5.1 การปรับปรุงเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน

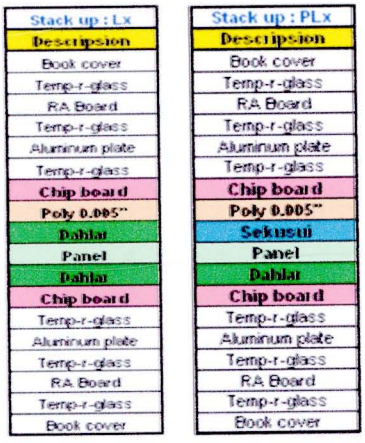
นำเอกสารการปฏิบัติงานของกระบวนการผลิตการเคลือบแบบหลายแผ่นที่ใช้อยู่ก่อนหน้านี้ มาทำการปรับปรุงใหม่ตามผลที่ได้จากการทำการวิจัย เพื่อกำหนดให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่ สำหรับใช้ควบคุมกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ รูปที่ 4.30

ตารางที่ 4.13 เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานกระบวนการเคลือบแบบหลายแผ่นที่ปรับปรุงใหม่

INNOVEX (THAILAND) LIMITED
Product Recipes

Process Block: Big Lam Lamination — Date (Orig.): 04 Feb 04 — Date (Rev.): 11 Oct 07 — Rev.: S — Page: 2 of 5

No	Product	Assemble part	Pre-bake		MULTI-PANEL LAMINATION PROCESS. PHI1 machine				Squeeze Out spec(mils)			Panel size(inch)	Assembly Method
			Temp (F)	Time(min)	Qty Panel per layer	Qty Layer per book	Stack up type	Hot plate High Pressure (klbs) ±10%	CF Squeeze out Head pad	CF Squeeze out Other pad	Kp Squeeze out		
			+/- 6	+/- 0									
1	CNN206 209	CF	225	40	-	-	-	-	2	3	-	12x17.5	CF up
2	CNN211 243 250 252	CF	225	30	4	7	HR	370	2	3	-	11x17	CF up
3	CNN214 248 253	CF	225	30	-	-	-	-	2	3	-	12x18	CF up
4	CNN277 278 283 287 288	CF	225	30	-	-	-	-	2	3	-	12x18	CF up
5	CNN293 294 295 297 304 314	CF+KpB	225	30	-	-	-	-	2	3	-	12x18	CF up
6	CNN277 278 283287 288 293 294 295 297 304 314	Stainless stiffiner	-	-	-	-	-	-	N/A	N/A	-	12x18	CF up
7	CNN300 301 307 308	CF	225	20	4	8	PLx	370	2	3	-	12x18	CF up
8	HPZ605	CF+KpB	225	20	-	-	-	-	7	7	-	12x18	CF+ ISF 5 mils up
9	HTC 00X 03X	CF+KpB	225	10	3	7	UHR	370	4	5	-	12x18.5	CF+ ISF 5 mils up
10	HTC I0X	CF+KpB	225	20	-	-	-	-	4	5	-	12x18.5	CF+ ISF 5 mils up
11	HTC 937	CF+KpB	225	20	-	-	-	-	3	4	-	12x18.5	CF+ ISF 5 mils up
12	IOM110	CF	225	30	-	-	-	-	3	5	-	12x18	CF up
13	INX0xx	CF+CF	225	20	4	7	UR	370	N/A	N/A	-	12x18	CFF up
14	MPS182	CF	225	30	-	-	-	-	7	7	-	11.5x16	CF up
15	PHL020	CF+KpB	225	20	3	7	DUR	370	5	5	-	12x18	CF up
16	PHL133 134 145 146	CFF+CFB+KpB	225	20	3	7	L	430	5	5	8	12x18	CFF up
17	PHL118	CF+CF	225	20	4	7	L	370	5	5	-	12x18	CFF up
18	PHL171 174	CF+CF	225	20	4	7	UR	370	5	5	-	12x19	CFF up
19	PHL171 174	Tat	225	20	4	7	UR	370	5	5	-	12x19	Flex front side up
20	QTM029/031	CF	225	20	4	7	L	370	7	7	-	12x18	CFF up
21	QTM103	CF+ISF	225	30	-	-	-	-	7	7	-	12x18	CFF up
22	QTM203	CF+ISF	225	30	-	-	-	-	7	7	-	12x18	Kp up
23	QTM381 382 383 384	CF	225	30	-	-	-	-	5	5	-	12x18	CFF up
24	QTM381 382 383 384	Tat	-	-	-	-	-	-	N/A	N/A	-	12x18	CFF up



Stack up : Lx
Description
Book cover
Temp-r-glass
RA Board
Temp-r-glass
Aluminum plate
Temp-r-glass
Chip board
Poly 0.005"
Dahlar
Panel
Dahlar
Chip board
Temp-r-glass
Aluminum plate
Temp-r-glass
RA Board
Temp-r-glass
Book cover

Stack up : PLx
Description
Book cover
Temp-r-glass
RA Board
Temp-r-glass
Aluminum plate
Temp-r-glass
Chip board
Poly 0.005"
Sekusui
Panel
Dahlar
Chip board
Temp-r-glass
Aluminum plate
Temp-r-glass
RA Board
Temp-r-glass
Book cover

รูปที่ 4.30 โครงสร้างของแผ่นฟิล์มลอกได้และส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ในการเคลือบงาน

จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ CNN300, CNN301, CNN307 และ CNN308 จะถูกกำหนดให้ เวลาที่ใช้ในการอบงานล่วงหน้ามีค่าเท่ากับ 20 นาที ค่าแรงกดที่ใช้ในการเคลือบงานมีค่าเท่ากับ 370 Klb และแผ่นฟิล์มลอกได้ที่ใช้ในการเคลือบงานจะใช้แบบ PLx หรือ ใช้แผ่นฟิล์มลอก Sekisui ประกบกับงานด้านที่เป็นฟิล์ม

เมื่อเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่ได้ทำการลงทะเบียนในระบบการควบคุมเอกสารของทางโรงงานกรณีศึกษาแล้ว จึงได้จัดการฝึกอบรมให้กับแผนกฝึกสอนพนักงาน และพนักงานในระดับหัวหน้างานให้ทราบถึงมาตรฐานใหม่ หลังจากนั้นทางแผนกฝึกสอนพนักงาน จะทำการฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตที่เกี่ยวข้องจนครบทุกคน รวมทั้งทำการสอบ และการรับรองความสามารถในการทำงานให้กับพนักงานที่สอบผ่านด้วย ทั้งนี้ในกรณีที่มีการสลับสับเปลี่ยนพนักงาน มีการลาออก หรือรับพนักงานใหม่เข้ามา แผนกฝึกสอนพนักงานจะเป็นผู้ทำการอบรม สอบ และทดสอบและการรับรองความสามารถในการทำงานให้กับพนักงานใหม่เหล่านั้นด้วยเช่นกัน ก่อนที่จะอนุญาตให้มาทำการปฏิบัติงานในสายการผลิตได้ จึงทำให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดจากกรณีการเปลี่ยนพนักงานใหม่ หรือ กรณีลืมวิธีการที่ถูกต้องขึ้นอย่างแน่นอน

4.5.2 การกำหนดให้มีการสุ่มตรวจสอบเป็นระยะ ๆ หลังการปรับปรุง

เพื่อให้แน่ใจว่ากระบวนการผลิตนั้นยังคงอยู่ในการควบคุมอยู่ตลอดเวลา ลดความแปรปรวนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระยะยาว (Long term) และทำให้มั่นใจว่าปัญหาจะไม่กลับมาเกิดขึ้นใหม่อีกครั้ง

ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้มีการสุ่มตรวจสอบการปฏิบัติงานทุก ๆ 3 เดือน โดยได้บรรจุหัวข้อการตรวจสอบลงใน การสุ่มตรวจสอบกระบวนการผลิตของ แบล็กเบลท์ในแผนก ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งถือเป็นกลุ่มบุคคลที่จะต้องทำการตรวจสอบมาตรฐานการควบคุมปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ที่ได้ผ่านการปรับปรุงไปแล้ว เป็นประจำทุก ๆ 3 เดือนอยู่แล้ว โดยผู้ทำการตรวจสอบคือ แบล็กเบลท์ของทางโรงงานกรณีศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4.31

Edit Delete	824	368.1	368	Do lamination process use Sekisui RP film for stack up assembly and laminate part? (PR12302)	BB Control plan

รูปที่ 4.31 โครงสร้างของแผ่นฟิล์มลอกได้และส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ในการเคลือบงาน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ